

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JCS25 U.S. PTO  
09/660467  
09/12/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1999年 9月13日

出 願 番 号  
Application Number:

平成11年特許願第259355号

出 願 人  
Applicant(s):

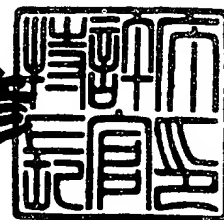
株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年 4月 7日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3025028

【書類名】 特許願

【整理番号】 12159401

【提出日】 平成11年 9月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 7/26

【発明の名称】 無線通信システム

【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究  
開発センター内

【氏名】 瀬 戸 一 郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究  
開発センター内

【氏名】 村 上 康

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地

【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

【識別番号】 100064285

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 一 雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橘 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100103263

【弁理士】

【氏名又は名称】 川 崎 康

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004444

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 無線通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線通信端末と、この無線通信端末と無線通信を行う基地局と、この基地局と有線伝送路を介して接続された制御局とからなる無線通信システムにおいて、

前記基地局は、

複数のアンテナ素子からなり前記無線通信端末の位置に応じて指向性を変更可能な可変指向性アンテナと、

前記複数のアンテナ素子を介して、前記無線通信端末から受信した受信信号をそれぞれ異なる帯域に周波数変換する第 1 の周波数変換手段と、

前記第 1 の周波数変換手段により周波数変換された複数の信号を合波して第 1 の副搬送波多重信号を生成する第 1 の副搬送波多重信号生成手段と、

前記第 1 の副搬送波多重信号を前記有線伝送路を介して前記制御局に送信する第 1 の送信手段と、を有し、

前記制御局は、

前記有線伝送路を介して前記基地局から送信された前記第 1 の副搬送波多重信号を前記複数のアンテナ素子ごとに分波して、同一の周波数帯の信号に周波数変換する第 2 の周波数変換手段と、

前記第 2 の周波数変換手段の出力信号に基づいて、前記複数のアンテナ素子の指向性を制御するための重み係数を求めるビーム演算手段と、

前記重み係数に基づいて、前記第 2 の周波数変換手段により周波数変換された複数の信号に対して重み付けを行う第 1 の重み付け手段と、

前記第 1 の重み付け手段で重み付けされた各信号を合波して受信信号を生成する受信信号生成手段とを備えることを特徴とする無線通信システム。

【請求項 2】

前記制御局は、

前記可変指向性アンテナから前記無線通信端末に向けて送信される送信信号に相関する信号を、前記複数のアンテナ素子のそれぞれごとに分波する第 1 の分波

手段と、

前記重み制御信号に基づいて、前記第 1 の分波手段で分波された各信号に対して重み付けを行う第 2 の重み付け手段と、

前記第 2 の重み付け手段で重み付けされた各信号をそれぞれ異なる帯域に周波数変換する第 3 の周波数変換手段と、

前記第 3 の周波数変換手段により周波数変換された各信号を合波して第 2 の副搬送波多重信号を生成する第 2 の副搬送波多重信号生成手段と、

前記第 2 の副搬送波多重信号を前記有線伝送路を介して前記基地局に送信する第 2 の送信手段とを更に有し、

前記基地局は、

前記有線伝送路を介して前記制御局から送信された前記第 2 の副搬送波多重信号を、前記複数のアンテナ素子のそれぞれごとに分波する第 2 の分波手段と、

前記第 2 の分波手段で分波された各信号を同一の周波数帯の信号に周波数変換する第 4 の周波数変換手段とを更に有し、

前記複数のアンテナ素子は、前記第 4 の周波数変換手段で周波数変換された各信号を前記無線通信端末に向けて送信することを特徴とする請求項 1 に記載の無線通信システム。

#### 【請求項 3】

前記基地局は、

前記第 1 の周波数変換手段に周波数変換の基準となる第 1 の基準信号を供給する第 1 の局部発振器を更に有し、

前記制御局は、

前記第 2 の周波数変換手段に周波数変換の基準となる第 2 の基準信号を供給する第 2 の局部発振器を更に有し、

前記第 2 の局部発振器は、前記第 2 の周波数変換手段が前記複数のアンテナ素子の各受信信号間の相対位相差を維持した信号を出力するように、前記第 1 の基準信号と所定の位相関係にある前記第 2 の基準信号を出力することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の無線通信システム。

#### 【請求項 4】

前記基地局および前記制御局のいずれか一方は、  
基準信号を生成する基準信号生成手段と、  
生成した基準信号を他方の前記基地局または前記制御局に伝送する基準信号送信手段と、を有し、

前記第 1 及至前記第 4 の各周波数変換手段は、前記基準信号生成手段にて生成された同一の基準信号に基づいて周波数変換を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の無線通信システム。

【請求項 5】

前記基地局および前記制御局のいずれか一方は、  
基準信号を生成する基準信号生成手段と、  
生成した基準信号を他方の前記基地局または前記制御局宛てに前記副搬送波多貫信号に重畳して伝送する基準信号送信手段と、を有し、

前記第 1 及至第 4 の周波数変換手段は、前記基準信号生成手段にて生成された同一の基準信号に基づいて周波数変換を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の無線通信システム。

【請求項 6】

前記制御局は、  
前記可変指向性アンテナから前記無線通信端末に向けて送信される送信信号に相関する信号と前記重み係数に相関する信号とを重畳する加算手段と、  
前記加算手段で重畳された信号を前記基地局に送信する第 2 の送信手段と、を有し、

前記基地局は、  
前記制御局から送信されてきた信号を、前記送信信号に相関する信号と、前記重み係数に相関する信号とに分波する第 1 の分波手段と、  
分波された前記送信信号に相関する信号を、前記アンテナ素子数に分波する第 2 の分波手段と、  
前記重み係数に相関する信号重み制御信号に基づいて、前記第 2 の分波手段で分波された前記送信信号に相関する信号に対して、それぞれ重み付けを行う第 2 の重み付け手段と、

前記第 2 の重み付け手段で重み付けされた各信号を同一の周波数帯の信号に周波数変換する第 4 の周波数変換手段と、を有し、

前記アンテナ素子は、前記第 4 の周波数変換手段で周波数変換された各信号を無線通信端末に向けて送信することを特徴とする請求項 1 に記載の無線通信システム。

【請求項 7】

無線通信端末と、この無線通信端末と無線通信を行う基地局と、この基地局と有線伝送路を介して接続された制御局とからなる無線通信システムにおいて、

前記基地局は、

複数のアンテナ素子からなり前記無線通信端末の位置に応じて指向性を変更可能な可変指向性アンテナと、

前記複数のアンテナ素子を介して、前記無線通信端末から受信した受信信号をそれぞれ異なる拡散符号でスペクトル拡散して加算することにより、第 1 のスペクトル拡散多重信号を生成するスペクトル拡散多重信号生成手段と、

前記有線伝送路を介して前記第 1 のスペクトル拡散多重信号を前記制御局に送信する第 1 の送信手段とを有し、

前記制御局は、

前記有線伝送路を介して前記基地局から送信された前記第 1 のスペクトル拡散多重信号を前記アンテナ素子数に分波する第 1 の分波手段と、

分波された前記第 1 のスペクトル拡散多重信号に前記基地局で前記各アンテナ素子に割り当てられた拡散符号と同一の拡散符号で逆拡散して前記複数のアンテナ素子の受信信号を得る第 1 の逆拡散手段と、

前記第 1 の逆拡散手段の出力信号に基づいて、前記複数のアンテナ素子の指向性を制御するための重み係数を求めるビーム演算手段と、

前記重み係数に基づいて前記逆拡散手段からの出力信号に対して重み付けを行う重み付け手段と、

前記重み付け手段で重み付けされた信号を合波して受信信号を生成する受信信号生成手段とを具備することを特徴とする無線通信システム。

【請求項 8】

前記制御局は、

前記可変指向性アンテナから前記無線通信端末に向けて送信される送信信号に  
相関する信号を、前記複数のアンテナ素子のそれぞれごとに分波する第 1 の分波  
手段と、

前記重み係数に基づいて、前記第 1 の分波手段で分波された各信号に対して、  
重み付けを行う第 2 の重み付け手段と、

前記重み付け手段で重み付けされた各信号を、それぞれ異なる拡散符号でスペ  
クトル拡散して加算することにより、スペクトル拡散多重信号を生成する第 2 の  
スペクトル拡散多重信号生成手段と、

前記有線伝送路を介して前記第 2 のスペクトル拡散多重信号を前記基地局に送  
信する第 2 の送信手段と、を有し、

前記基地局は、

前記有線伝送路を介して前記制御局から送信された前記第 2 のスペクトル拡散  
多重信号を前記アンテナ素子数に分波する第 2 の分波手段と、

分波された前記第 2 のスペクトル拡散多重信号に前記制御局に割り当てられた  
拡散符号と同一の拡散符号で逆拡散して前記複数のアンテナ素子からの送信信号  
を得る第 2 の逆拡散手段とを有し、

前記第 2 の逆拡散手段から出力された各信号を対応した前記複数のアンテナ素  
子へ入力し、前記指向性アンテナの指向性を制御して送信信号を前記無線通信端  
末へ送信することを特徴とする請求項 7 記載の無線通信システム。

#### 【請求項 9】

前記制御局は、

前記可変指向性アンテナから移動体に向けて送信される送信信号に相関する信  
号と前記重み係数に相関する信号とを重畳する加算手段と、

前記加算手段で重畳された信号を前記基地局に送信する第 2 の送信手段と、を  
有し、

前記基地局は、

前記第 2 の送信手段から送信されてきた信号を、前記送信信号に相関する信号  
と前記重み係数に相関する信号とに分波する第 3 の分波手段と、



分波された前記送信信号に相関する信号を前記アンテナ素子数に分波する第 4 の分波手段と、

前記重み係数に相関する信号に基づいて前記第 3 の分波手段で分波された前記送信信号に相関する信号に対して、それぞれ重み付けを行う第 2 の重み付け手段と、

前記第 2 の重み付け手段で重み付けされた各信号を前記アンテナ素子へ入力し、前記指向性アンテナの指向性を制御して送信信号を前記無線通信端末へ送信することを特徴とする請求項 7 記載の無線通信システム。

【請求項 1 0】

前記基地局には、第 1 から第  $n$  の  $n$  本 ( $n$  は正の整数) のアンテナ素子から構成される可変指向性アンテナを備えており、

前記基地局および前記制御局の少なくとも一方は、

前記基地局および前記制御局間の信号伝搬路と、前記基地局および前記制御局内の信号処理とにより発生される位相変動量を補償する位相補償手段を有し、

前記位相補償手段は、前記可変指向性アンテナの受信信号及び前記可変指向性アンテナへの送信信号に対して、前記基地局に備えた前記各アンテナ素子と前記制御局とに備えた前記重み付け手段の区間において、各位相変化量  $\phi_1 \sim \phi_n$  に、

$$\begin{aligned} \phi_1 + 2 m_1 \pi &= \phi_2 + 2 m_2 \pi = \phi_3 + 2 m_3 \pi \\ &= \dots = \phi_n + 2 m_n \pi \quad (m_1, \dots, m_n \text{ は整数}) \end{aligned}$$

の関係が成り立つようにすることを特徴とする請求項 1 及至 9 のいずれかに記載の無線通信システム。

【請求項 1 1】

前記有線伝送路は、光ファイバを用いた伝送路であることを特徴とする請求項 1 及至 1 0 のいずれかに記載の無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、可変指向性アンテナを備えた基地局と、基地局に光ファイバで接続された制御局とで構成され、可変指向性アンテナを制御局側で制御する機能を備

える無線通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

携帯電話やITS (Intelligent Transport Systems)に代表される移動通信の基地局と制御局とを光ファイバで接続して信号伝送を行うRadio on Fiber (ROF)技術が注目されている。ROF技術は、基地局から制御局に光ファイバを介して無線信号を伝送させ、変復調器及び制御器等を制御局に一括収容して、基地局の構成を簡略化して小型化するものである。このため、多数の基地局を道路沿い、地下街、トンネル等に配置することが可能となる。

【0003】

また、基地局での周波数帯域の逼迫、あるいは干渉波等の問題を解決すべく、指向性を可変できるアダプティブアンテナが注目されている。アダプティブアンテナは、複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナを備えたものであり、各アンテナ素子から送信する送信信号によってアンテナの指向性を変化させることができる。

【0004】

制御局内のビーム演算回路は、基地局から加入者への無線信号の放射パターンと、加入者から基地局への無線信号の放射パターンとを導出し、加入者の移動及び位置に合わせて、適応的にアダプティブアンテナの指向性を変える。

【0005】

この種のアダプティブアンテナを基地局に備え、ROF技術を用いて制御局と接続する無線通信システムに関する報告が幾つか発表されている（例えば、特開平10-145286）。

【0006】

図17および図18はROF技術を利用した無線通信システムの概略構成を示すブロック図である。無線通信システムとしての送受信機能を考慮に入れた場合、最も重要なことは、各アンテナ素子毎に受信した無線信号を、基地局から制御局に相対位相差、相対強度差を維持した状態で伝達することである。

【0007】

このため、従来のシステムは、各アンテナ素子の送受信信号をそれぞれ光信号に変換し、基地局と制御局間で、波長多重して、あるいは、各アンテナ素子に一本の光ファイバを割り当てて、伝送していた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ROF技術を利用した従来のシステムの場合、図17および図18に示すように、各アンテナ素子線路に、電気-光変換器と光-電気変換器の対を割り当てるため、基地局及び制御局には、アンテナ素子数分の光送受信器対が必要となる。

【0009】

このため、基地局及び制御局の光伝送部分の構成要素が大幅に増加し、構成が複雑化して大規模の装置になる。また、波長多重伝送を行う場合は、光合波器、光分波器、光源の波長制御機能等の構成がさらに必要となる。

【0010】

一方、各アンテナ素子ごとに光ファイバを設けるようにすると、基地局と制御局を接続する光ファイバの本数が大幅に増え、それに伴って、光-電気変換器や電気-光変換器などの光伝送系の構成が複雑かつ大規模になる。

【0011】

このように、アダプティブアンテナを備えてROF技術を利用して信号伝送を行う従来の無線通信システムは、光伝送系の構成要素が多いために構成が複雑になるという問題があり、基地局及び制御局の小型化が困難で、コストも下げられない。

【0012】

本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、その目的は、基地局あるいは制御局の構成を簡略化することができる無線通信システムを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上述した課題を解決するために、請求項1の発明は、無線通信端末と、この無

線通信端末と無線通信を行う基地局と、この基地局と有線伝送路を介して接続された制御局とからなる無線通信システムにおいて、前記基地局は、複数のアンテナ素子からなり前記無線通信端末の位置に応じて指向性を変更可能な可変指向性アンテナと、前記複数のアンテナ素子を介して、前記無線通信端末から受信した受信信号をそれぞれ異なる帯域に周波数変換する第 1 の周波数変換手段と、前記第 1 の周波数変換手段により周波数変換された複数の信号を合波して第 1 の副搬送波多重信号を生成する第 1 の副搬送波多重信号生成手段と、前記第 1 の副搬送波多重信号を前記有線伝送路を介して前記制御局に送信する第 1 の送信手段と、を有し、前記制御局は、前記有線伝送路を介して前記基地局から送信された前記第 1 の副搬送波多重信号を前記複数のアンテナ素子ごとに分波して、同一の周波数帯の信号に周波数変換する第 2 の周波数変換手段と、前記第 2 の周波数変換手段の出力信号に基づいて、前記複数のアンテナ素子の指向性を制御するための重み係数を求めるビーム演算手段と、前記重み係数に基づいて、前記第 2 の周波数変換手段により周波数変換された複数の信号に対して重み付けを行う第 1 の重み付け手段と、前記第 1 の重み付け手段で重み付けされた各信号を合波して受信信号を生成する受信信号生成手段とを備える。

## 【 0 0 1 4 】

請求項 1 の発明では、複数のアンテナ素子で受信した信号を副搬送波多重して制御局に送信するため、基地局と制御局との光伝送系の構成を簡略化することができる。

## 【 0 0 1 5 】

請求項 2 の発明では、制御局から基地局に送信信号を伝送する際にも、送信信号を副搬送波多重するため、基地局と制御局との光伝送系の構成を簡略化することができる。

## 【 0 0 1 6 】

請求項 3 の発明では、制御局内の局部発振信号の位相を調整するため、複数のアンテナ素子で受信した各受信信号の相対位相差を維持したまま、基地局から制御局に受信信号を伝送することができる。

## 【 0 0 1 7 】

請求項 4 の発明では、周波数変換用の基準信号を基地局と制御局とで共有するため、構成を簡略化することができる。

## 【0018】

請求項 5 の発明では、基地局または制御局のいずれか一方で生成した基準信号を、副搬送波多重信号に重畳して他方に送信するため、周波数変換用の基準信号を基地局と制御局とで共有できるとともに、光伝送系の構成を簡略化することができる。

## 【0019】

請求項 6 の発明では、基地局側で送信信号の重み付けを行うため、制御局の構成を簡略化することができる。

## 【0020】

請求項 7 の発明は、無像通信端末と、この無線通信端末と無線通信を行う基地局と、この基地局と有線伝送路を介して接続された制御局とからなる無線通信システムにおいて、前記基地局は、複数のアンテナ素子からなり前記無線通信端末の位置に応じて指向性を変更可能な可変指向性アンテナと、前記複数のアンテナ素子を介して、前記無線通信端末から受信した受信信号をそれぞれ異なる拡散符号でスペクトル拡散して加算することにより、第 1 のスペクトル拡散多重信号を生成するスペクトル拡散多重信号生成手段と、前記有線伝送路を介して前記第 1 のスペクトル拡散多重信号を前記制御局に送信する第 1 の送信手段とを有し、前記制御局は、前記有線伝送路を介して前記基地局から送信された前記第 1 のスペクトル拡散多重信号を前記アンテナ素子数に分波する第 1 の分波手段と、

分波された前記第 1 のスペクトル拡散多重信号に前記基地局で前記各アンテナ素子に割り当てられた拡散符号と同一の拡散符号で逆拡散して前記複数のアンテナ素子の受信信号を得る第 1 の逆拡散手段と、前記第 1 の逆拡散手段の出力信号に基づいて、前記複数のアンテナ素子の指向性を制御するための重み係数を求めるビーム演算手段と、前記重み係数に基づいて前記逆拡散手段からの出力信号に対して重み付けを行う重み付け手段と、前記重み付け手段で重み付けされた信号を合波して受信信号を生成する受信信号生成手段とを具備する。

請求項 7 の発明では、複数のアンテナ素子で受信した信号をスペクトル拡散多

重して制御局に送信するため、基地局と制御局との光伝送系の構成を簡略化することができる。

【 0 0 2 1 】

請求項 8 の発明では、制御局から送信局に送信信号を伝送する際にも、送信信号をスペクトル拡散するため、基地局と制御局との光伝送系および電気線路系の構成を簡略化することができる。

【 0 0 2 2 】

請求項 9 の発明では、基地局側で送信信号の重み付けを行うため、制御局の構成を簡略化することができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 0 の発明では、基地局と制御局の少なくとも一方に位相補償回路を設けるため、基地局および制御局間の信号伝搬路と、基地局および制御局内の信号処理とにより発生される位相変動量を相殺できる。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る無線通信システムについて、図面を参照しながら具体的に説明する。なお、以下の実施形態では、原理的な位相状態および信号強度状態を示すため、各アンテナ素子線路に挿入されているアンプ、乗算器、フィルタ等のマイクロ波部品の固体差によるゲイン、損失、透過率、群速度のバラツキ及び線路長による遅延差は無視している。

【 0 0 2 5 】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明に係る無線通信システムの第 1 の実施形態の概略構成を示すブロック図である。図 1 の無線通信システムは、基地局 1 と制御局 2 とで構成され、それぞれは光ファイバ 3 で接続されている。

【 0 0 2 6 】

基地局 1 は、4 つのアンテナ素子からなるアレーアンテナ 4 a ~ 4 d と、ローノイズアンプ 5 a ~ 5 d と、基地局局部発振器 (第 1 の局部発振器) 6 と、乗算器 (第 1 の周波数変換手段) 7 a ~ 7 d と、バンドパスフィルタ 8 a ~ 8 d と、

加算器（第 1 の副搬送波多重信号生成手段） 9 と、電気－光変換器（E／O 変換器：第 1 の送信手段） 1 0 とを有する。

【 0 0 2 7 】

制御局 2 は、光－電気変換器（O／E 変換器） 1 1 と、分配器 1 2 と、制御局 局発振器（第 2 の局発振器） 1 3 と、乗算器（第 2 の周波数変換手段） 1 4 a ～ 1 4 d と、バンドパスフィルタ 1 5 a ～ 1 5 d と、ビーム演算回路（ビーム演算手段） 1 6 と、重み付け回路（第 1 の重み付け手段） 1 7 a ～ 1 7 d と、加算器（受信信号生成手段） 1 8 と、復調器 1 9 とを有する。

【 0 0 2 8 】

基地局 1 は、図示されていない加入者からの無線信号 7 0 をアレーアンテナ 4 a ～ 4 d で受信する。本実施形態では、アレーアンテナ 4 の素子数が 4 つ（図 1 では、各素子を 4 a ～ 4 d で図示）の場合について説明するが、素子数は幾つでもよい。各アレーアンテナ 4 a ～ 4 d で受信した受信信号 7 1 a ～ 7 1 d は、(1) 式で表される。

【 0 0 2 9 】

【数 1】

$$\begin{aligned} R_a(t) &= \sqrt{P_a} \cos(\omega_{RF}t + \phi_m(t) + \phi_a), \\ R_b(t) &= \sqrt{P_b} \cos(\omega_{RF}t + \phi_m(t) + \phi_b), \\ R_c(t) &= \sqrt{P_c} \cos(\omega_{RF}t + \phi_m(t) + \phi_c), \\ R_d(t) &= \sqrt{P_d} \cos(\omega_{RF}t + \phi_m(t) + \phi_d). \end{aligned} \quad (1)$$

(1) 式では、無線信号 7 0 を、QPSK(quadriphase-shift keying)等の位相変調信号とし、位相変調項を  $\phi_m(t)$  としている。なお、 $t$  は時間、 $\omega$  は信号の角周波数、 $\phi$  は各信号の相対位相、 $P$  は各信号の相対強度を示し、添え字で信号の種類を区別している。添え字の a ～ d は、各アンテナ素子 a ～ d に関与する信号であることを示している。(1) 式に示すように、各受信信号 7 1 a ～ 7 1 d は、無線信号 7 0 の到来方向に応じて、位相及び振幅が変化する。

【 0 0 3 0 】

受信信号 7 1 a ～ 7 1 d は、ローノイズアンプ 5 a ～ 5 d を介して、乗算器 7 a ～ 7 d に入力される。乗算器 7 a ～ 7 d は、ローノイズアンプ 5 a ～ 5 d を通

過した信号と基地局局部発振器 6 から出力される基地局 LO 信号 72a~72d とを乗算して、周波数をダウンコンバートする。基地局 LO 信号 72a~72d は、(2) 式で表される。

【0031】

【数 2】

$$\begin{aligned} LO1_a(t) &= \sqrt{P_{1L}} \cos(\omega_{1a}t + \phi_{1a}), \\ LO1_b(t) &= \sqrt{P_{1L}} \cos(\omega_{1b}t + \phi_{1b}), \\ LO1_c(t) &= \sqrt{P_{1L}} \cos(\omega_{1c}t + \phi_{1c}), \\ LO1_d(t) &= \sqrt{P_{1L}} \cos(\omega_{1d}t + \phi_{1d}). \end{aligned} \quad (2)$$

基地局 LO 信号 72a~72d は、(2) 式に示すように、パワーが等しく、周波数がそれぞれ異なる信号である。基地局 LO 信号 72a~72d との乗算を行うことにより、受信信号 71a~71d は低周波数帯の信号に変換される。

【0032】

乗算器 7a~7d の出力は、バンドパスフィルタ 8a~8d に入力されて、それぞれ所望の帯域の受信信号 73a~73d が抽出される。受信信号 73a~73d は (3) 式で表される。

【0033】

【数 3】

$$\begin{aligned} R_a'(t) &= (1/2) \times \sqrt{P_a P_{1L}} \cos\{(\omega_{RF} - \omega_{1a})t + \phi_m(t) + \phi_a - \phi_{1a}\}, \\ R_b'(t) &= (1/2) \times \sqrt{P_b P_{1L}} \cos\{(\omega_{RF} - \omega_{1b})t + \phi_m(t) + \phi_b - \phi_{1b}\}, \\ R_c'(t) &= (1/2) \times \sqrt{P_c P_{1L}} \cos\{(\omega_{RF} - \omega_{1c})t + \phi_m(t) + \phi_c - \phi_{1c}\}, \\ R_d'(t) &= (1/2) \times \sqrt{P_d P_{1L}} \cos\{(\omega_{RF} - \omega_{1d})t + \phi_m(t) + \phi_d - \phi_{1d}\}. \end{aligned} \quad (3)$$

バンドパスフィルタ 8a~8d を通過した受信信号 73a~73d は、加算器 9 で合波されて、副搬送波多重信号 74 が生成される。生成された副搬送波多重信号 74 は、電気-光変換器 10 に入力されて、光信号 150 に変換され、光ファイバ 3 を介して制御局 2 に伝送される。

【0034】

光ファイバ 3 を介して制御局 2 に伝送された光信号は、PD (Photo Detector) 等の光-電気変換器 11 で受信信号 75 に変換される。受信信号 75 は、分配器



1 2によりアンテナ素子分に分配された後、乗算器 1 4 a～1 4 dに入力される。

【 0 0 3 5 】

乗算器 1 4 a～1 4 dは、分配器 1 2の出力信号と制御局局部発振器 1 3から出力された基地局 LO 信号 7 6 a～d とを乗算して、周波数変換を行う。制御局 LO 信号 7 6 a～d は、( 4 ) 式で示すように、パワーが等しくて、周波数がそれぞれ異なる信号であり、この信号との乗算を行うことにより、副搬送波多重された受信信号 7 5 の周波数は、制御局 2 内で周波数変換前の周波数に変換される。

【 0 0 3 6 】

【数 4】

$$\begin{aligned} LO2_a(t) &= \sqrt{P_{2L}} \cos(\omega_{2a}t + \phi_{2a}), \\ LO2_b(t) &= \sqrt{P_{2L}} \cos(\omega_{2b}t + \phi_{2b}), \\ LO2_c(t) &= \sqrt{P_{2L}} \cos(\omega_{2c}t + \phi_{2c}), \\ LO2_d(t) &= \sqrt{P_{2L}} \cos(\omega_{2d}t + \phi_{2d}). \end{aligned} \quad (4)$$

乗算器 1 4 a～1 4 d の出力は、バンドパスフィルタ 1 5 a～1 5 dに入力されて、所望の帯域の受信信号 7 7 a～7 7 d が抽出される。受信信号 7 7 a～7 7 d は、( 5 ) 式で表される。

【 0 0 3 7 】

【数 5】

$$\begin{aligned} R_a''(t) &= (1/4) \times \sqrt{P_a P_{1L} P_{2L}} \cos\{(\omega_{RF} - \omega_{1a} - \omega_{2a})t + \phi_m(t) + \phi_a - (\phi_{1a} + \phi_{2a})\}, \\ R_b''(t) &= (1/4) \times \sqrt{P_b P_{1L} P_{2L}} \cos\{(\omega_{RF} - \omega_{1b} - \omega_{2b})t + \phi_m(t) + \phi_b - (\phi_{1b} + \phi_{2b})\}, \\ R_c''(t) &= (1/4) \times \sqrt{P_c P_{1L} P_{2L}} \cos\{(\omega_{RF} - \omega_{1c} - \omega_{2c})t + \phi_m(t) + \phi_c - (\phi_{1c} + \phi_{2c})\}, \\ R_d''(t) &= (1/4) \times \sqrt{P_d P_{1L} P_{2L}} \cos\{(\omega_{RF} - \omega_{1d} - \omega_{2d})t + \phi_m(t) + \phi_d - (\phi_{1d} + \phi_{2d})\}. \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、基地局局部発振器 6 の出力信号 7 2 a～7 2 d と制御局局部発振器 1 3 の出力信号 7 6 a～7 6 d の各周波数と各位相は、( 6 ) 式と ( 7 ) 式の条件を満たすように設定される。

【 0 0 3 8 】

【数 6】

$$\omega_{IF} = \omega_{RF} - \omega_{1a} - \omega_{2a} = \omega_{RF} - \omega_{1b} - \omega_{2b} = \omega_{RF} - \omega_{1c} - \omega_{2c} = \omega_{RF} - \omega_{1d} - \omega_{2d}, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} k + 2m\pi &= \phi_{1a} + \phi_{2a} + 2m_a\pi = \phi_{1b} + \phi_{2b} + 2m_b\pi \\ &= \phi_{1c} + \phi_{2c} + 2m_c\pi = \phi_{1d} + \phi_{2d} + 2m_d\pi \end{aligned} \quad (7)$$

(6) および (7) 式の条件を満たす場合、(5) 式に示す受信信号 77a ~ 77d は、(8) 式のように書き直すことができる。

【0039】

【数 7】

$$\begin{aligned} R_a''(t) &= A\sqrt{P_a} \cos(\omega_{IF}t + \phi_m(t) + \phi_a - k), \\ R_b''(t) &= A\sqrt{P_b} \cos(\omega_{IF}t + \phi_m(t) + \phi_b - k), \\ R_c''(t) &= A\sqrt{P_c} \cos(\omega_{IF}t + \phi_m(t) + \phi_c - k), \\ R_d''(t) &= A\sqrt{P_d} \cos(\omega_{IF}t + \phi_m(t) + \phi_d - k). \end{aligned} \quad (8)$$

但し、 $A = \sqrt{P_{1L}P_{2L}}/4$ .

(1) 式と (8) 式を比較すればわかるように、受信信号 77a ~ 77d は、基地局 1 における受信信号 71a ~ 71d の相対位相差  $\phi_a \sim \phi_d$  と相対強度  $P_a \sim P_d$  をそのまま維持している。したがって、基地局 1 から制御局 2 まで受信信号が伝搬する間の位相の付加や信号強度の変動の影響を無視することができる。

【0040】

ビーム演算回路 16 は、受信信号 77a ~ 77d に基づいて、最適合成等の信号処理を制御するための演算を行う。対象となる無線通信システムが、無線信号 70 の到来方向を求める必要がなければ、ビーム演算回路 16 は最適合成のみを行えばよい。その場合は、(7) 式の条件を必ずしも満たす必要はない。

【0041】

本実施形態におけるビーム演算回路 16 は、受信信号 77a ~ 77d の一部を取り込んで、最適な信号合成を行うための位相及び強度の重みを求める。次に、これらの演算結果を基に、重み付け回路 17a ~ 17d を制御して、受信信号 77a ~ 77d に位相及び信号強度の重みを付加して、合波器 18 で各信号を合波して受信信号 78 を得る。受信信号 78 は、復調器 19 に入力されて、加入者か

らの情報が取り出される。

【 0 0 4 2 】

ビーム演算回路 1 6 は、上記の信号処理以外にも、相対位相差  $\phi a \sim \phi d$  と相対強度差  $P a \sim P d$  に基づいて、遅延波に対する最適化波制御や、受信信号の不要波及び干渉波を抑圧して S I R (Signal-to-Interference Ratio) 最適化波を行うことが可能である。また、無線信号 7 0 の到来方向等を演算により求めることも可能である。

【 0 0 4 3 】

本実施形態では、基地局 1 から加入者への送信系は図示していないが、制御局 2 における無線信号 7 0 の到来方向の推定は、基地局 1 から加入者への無線信号をどの方向に送信するかを決定するために重要であり、ビーム演算回路 1 6 の演算結果を送信系に適用することが可能である。

【 0 0 4 4 】

原理的には、基地局 L O 信号 7 2 a  $\sim$  7 2 d と制御局 L O 信号 7 6 a  $\sim$  7 6 d の各信号強度が一定であれば、受信信号 7 1 a  $\sim$  7 1 d の相対強度差を保持したまま、制御局 2 側に伝送でき、同様に、制御局 2 から基地局 1 に信号を伝送することも可能である。以下では、相対強度差には言及せず、相対位相差に注目して説明を行う。

【 0 0 4 5 】

各アンテナ素子 4 a  $\sim$  4 d の受信信号 7 1 a  $\sim$  7 1 d は、基地局 1 から制御局 2 まで、異なる搬送波周波数で伝送される。搬送波周波数が異なると、伝搬時間に応じて、各アンテナ素子線路間の相対位相差が変化していく。このため、基地局 1 内と制御局 2 内での計 2 回の周波数変換で使用する基地局 L O 信号 7 2 a  $\sim$  7 2 d と制御局 L O 信号 7 6 a  $\sim$  7 6 d の位相項の関係を考慮する必要がある。

【 0 0 4 6 】

図 2 は基地局局部発振器 6 の構成を示すブロック図である。図示のように、基地局局部発振器 6 は、基準発振器 2 0、分配器 2 1 と、位相比較器 2 2 a  $\sim$  2 2 d と、電圧制御型発振器 (VCO: Voltage Control Oscillator) 2 3 a  $\sim$  2 3 d と、

分周器 24 a ~ 24 d と、ループフィルタ 25 a ~ 25 d とを有する。

【0047】

基準発振器 20 には、例えば水晶等の高安定な発振器が用いられる。基準発振器 20 の出力信号 80 の発振周波数を  $f_r$  とする。出力信号 80 は、分配器 21 でアンテナ素子の本数に分割され、それぞれの位相比較器 22 a ~ 22 d に入力される。

【0048】

位相比較器 22 a ~ 22 d には、VCO 23 a ~ 23 d からの出力信号 72 a ~ 72 d を、分周器 24 a ~ 24 d により、例えば  $N$ 、 $(N+1)$ 、 $\dots$ 、 $(N+3)$  分周した信号 81 が入力される。位相比較器 22 a ~ 22 d は、2つの入力信号 80、81 の位相を比較し、位相比較信号 82 を出力する。位相比較信号 82 は、ループフィルタ 25 a ~ 25 d を介して VCO 23 a ~ 23 d にフィードバックされる。このフィードバックにより、VCO 23 a ~ 23 d の出力である基地局 LO 信号 72 a ~ 72 d の周波数は、それぞれ順に、 $N \times f_r$ 、 $(N+1) \times f_r$ 、 $(N+2) \times f_r$ 、 $(N+3) \times f_r$  にロックされる。

【0049】

図 3 は基地局 LO 信号 72 a ~ 72 d の波形図である。実際に出力される発振信号 72 a ~ 72 d は正弦波であるが、ここでは、立ち上がり、立ち下がり の位相状態がわかりやすいように矩形波で示し、立ち上がり の位相はゼロ度、立ち下がり の位相は  $\pi$  度としている。

【0050】

図 3 では、基準発振器出力信号 80 と分周信号 81 との位相差が 0 度になるように、位相比較器 21 が位相比較信号 82 を出力した場合の基地局 LO 信号 72 a ~ 72 d の波形を示しており、基地局 LO 信号 72 a ~ 72 d は、図 3 に図示された式で表される。

【0051】

制御局 2 側における制御局局部発振器 13 も、基地局局部発振器 6 と同様に構成され、制御局 LO 信号 76 a ~ 76 d を生成する。制御局局部発振器 13 における基準信号 80 の発振周波数は、基地局 1 側と同じ  $f_r$  である。そして、制御局

L O 信号 7 6 a ~ 7 6 d の周波数は、受信信号 7 7 a ~ 7 7 d の周波数を一致させるように、順に  $(N+3) \times fr$ 、 $(N+2) \times fr$ 、 $(N+1) \times fr$ 、 $N \times fr$  にロックさせる。

【 0 0 5 2 】

ここで、基地局 1 側での基準信号 8 0 の位相状態を  $\phi_{BS}$ 、制御局 2 側での基準信号 8 0 の位相状態を  $\phi_{CS}$  とする。受信信号 7 1 から受信信号 7 7 への位相変化量を示すため、(1) 式で表されている受信信号 7 1 a を (9) 式のように書き直す。

【 0 0 5 3 】

$$Ra(t) = \cos[\omega_{RF} t] \quad \cdots (9)$$

また、基準信号 8 0 の位相状態が  $\phi_{BS}$  であるとき、(2) 式の基地局 L O 信号 7 2 a は、以下のように書き直すことができる。

【 0 0 5 4 】

$$LO1a(t) = \cos[N \omega_r t + N \phi_{BS}] \quad \cdots (10)$$

図 4 (a) は乗算器 7 a とバンドパスフィルタ 8 a の入出力信号を示す図、図 4 (b) は乗算器 1 4 a とバンドパスフィルタ 1 5 a の入出力信号を示す図である。上述した (9)、(10) 式より、バンドパスフィルタ 8 a から出力される受信信号 7 3 a は、(11) 式のように表すことができる。

【 0 0 5 5 】

$$R'a(t) = (1/2) \times \cos[(\omega_{RF} - N \omega_r) t - N \phi_{BS}] \quad \cdots (11)$$

基地局 1 から制御局 2 側への受信信号 7 3 の伝搬時間を  $T$  とし、 $t' = t - T$  とおく。制御局 2 側では、基地局 1 から伝送されてきた受信信号 7 5 (ここでは、アンテナ素子 4 a の線路の所望帯域のみを示す) に対して、制御局 L O 信号 7 6 a を乗算する。制御局 2 側での基準信号 8 0 の位相状態が  $\phi_{CS}$  であれば、制御局 L O 信号 7 6 a は (12) 式で表すことができる。

【 0 0 5 6 】

$$LO2a(t) = \cos[(N+3) \omega_r t' + (N+3) \phi_{CS}] \quad \cdots (12)$$

制御局 L O 信号 7 6 a ~ 7 6 d の周波数は、受信信号 7 5 a ~ 7 5 d を同一の周波数帯に変換するように選択される。このため、簡単には、制御局 L O 信号 7 6 a ~ 7 6 d の周波数は、順番に、 $(N+3) \omega_r$ 、 $(N+2) \omega_r$ 、 $(N+1) \omega_r$ 、 $N \omega_r$  と設

定すればよい。

【 0 0 5 7 】

以上より、受信信号 7 7 a は、( 1 3 ) 式で表すことができる。

【 0 0 5 8 】

【数 8】

$$\begin{aligned} R'_a(t) &= (1/4) \times \cos[\{\omega_{RF} - N\omega_r - (N+3)\omega_r\}t - N\phi_{BS} - (N+3)\phi_{CS}] \\ &= (1/4) \times \cos[\omega_{IF}t - N\phi_{BS} - (N+3)\phi_{CS}] \\ &= (1/4) \times \cos[\omega_{IF}t - \omega_{IF}T - N\phi_{BS} - (N+3)\phi_{CS}]. \end{aligned} \quad (13)$$

( 1 3 ) 式において、受信信号 7 2 a から受信信号 7 7 a への付加位相項は、 $-\omega_{IF}T - N\phi_{BS} - (N+3)\phi_{CS}$ である。他の受信信号 7 7 b ~ 7 7 d に対する付加位相項も同様に求められる。各位相項の共通部分である  $-\omega_{IF}T$  を省略すると、受信信号 7 7 b ~ 7 7 d に対する付加位相項は、順に、 $-(N+1)\phi_{BS} - (N+2)\phi_{CS}$ 、 $-(N+2)\phi_{BS} - (N+1)\phi_{CS}$ 、 $-(N+3)\phi_{BS} - N\phi_{CS}$ となる。これらの付加位相項が等しいと、各受信信号 7 1 a ~ 7 1 d への相対位相差は、受信信号 7 7 a ~ 7 7 d においても保たれていることになる。そのためには、 $\phi_{CS}$ と $\phi_{BS}$ が(14)式の関係を満たす必要がある。

【 0 0 5 9 】

$$\phi_{CS} = \phi_{BS} \pm 2\pi \quad \cdots (14)$$

(14)式の関係を満たすことで、各付加位相項は $-(2N+3)\phi_{BS} \pm 2\pi$ となり、受信信号 7 7 a ~ 7 7 d に付加される相対位相差はゼロとなる。

【 0 0 6 0 】

ここで、付加位相項による影響を調べるため、受信信号 7 1 a ~ 7 1 d は、相対位相差がゼロの正弦波信号とする。( 1 4 ) 式の関係が満たされない場合、受信信号 7 7 a ~ 7 7 d は、図 5 (a)に示されるように、2 回の周波数変換における付加位相項が、各アンテナ素子 4 a ~ 4 d の線路間で異なるため、相対位相差の関係が崩れ、波形は重ならない。

【 0 0 6 1 】

一方、( 1 4 ) 式の関係が満たされている場合には、2 回の周波数変換による付加位相項は等しいため、受信信号 7 1 a ~ 7 1 d は相対位相差がゼロの正弦波

信号と仮定すると、制御局 2 における受信信号 77a~77d の波形は図 5 (b) のようになる。この場合、2 回の周波数変換による付加位相項はいずれも等しいため、受信信号 77a~77d の波形はすべて一致する。

#### 【0062】

このように、第 1 の実施形態では、基地局 1 内の複数のアンテナ素子 4a~4d で受信した受信信号を副搬送波多重して制御局 2 に送信するため、光伝送系部分の構成要素を最小限に抑えることができ、基地局 1 の構成を簡略化することができる。また、各受信信号の相対位相差と相対強度を維持したままで、基地局 1 から制御局 2 に受信信号を伝送できるため、不要波や干渉波の影響を受けることなく高品質の信号受信が可能になる。

#### 【0063】

##### (第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態は、基地局局部発振器 6 から出力される基準信号と制御局局部発振器 13 から出力される基準信号とを共有化するものである。

#### 【0064】

図 6 は本発明に係る無線通信システムの第 2 の実施形態のブロック図である。図 6 では、図 1 と共通する構成部分には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。

#### 【0065】

図 6 の無線通信システムにおいて、基地局 1 から制御局 2 への受信系の構成は、基地局局部発振器 6 と制御局局部発振器 13 の構成を除いて、第 1 の実施形態と同様である。

#### 【0066】

図 6 の無線通信システムは、制御局 2 から基地局 1 への送信系の構成を新たに追加した点と、基地局局部発振器 6 と制御局局部発振器 13 が共通の基準信号を使用して局部発振信号を生成する点とに特徴がある。

#### 【0067】

新たに追加された基地局 1 内の送信系は、光-電気変換器 31 と、分配器（第 2 の分波手段）32 と、乗算器（第 4 の周波数変換手段）33a~33d と、バ

ンドパスフィルタ 34 a～34 d と、ローノイズアンプ 35 a～35 d と、送受信を切り換えるサーキュレータ 36 a～36 d とを有する。

【0068】

また、新たに追加された制御局 2 内の送信系は、変調器 (MOD) 41 と、分配器 (第 1 の分波手段) 42 と、重み付け回路 (第 2 の重み付け手段) 43 a～43 d と、乗算器 (第 3 の周波数変換手段) 44 a～44 d と、バンドパスフィルタ 45 a～45 d と、加算器 (第 2 の副搬送波多重信号生成手段) 46 と、電気-光変換器 (第 2 の送信手段、基準信号送信手段) 47 とを有する。

【0069】

図 7 は図 6 の制御局局部発振器 13 の詳細構成を示すブロック図である。図 7 に示すように、制御局局部発振器 13 は、基準信号を出力する基準発振器 20 と、分配器 21 と、位相比較器 22 a～22 d と、電圧制御発振器 (VCO) 23 a～23 d と、分周器 24 a～24 d と、バンドパスフィルタ 25 a～25 d とを有する。

【0070】

分配器 21 は、基準発振器 20 から出力された基準信号を、アンテナ素子の数よりも多く分配する。そして、何の信号処理も施さない基準信号 80 を、図 6 に示される制御局 2 内の加算器 9 に入力する。

【0071】

制御局 2 から基地局 1 へ伝達する送信信号 87 a～87 d については後で詳述するが、基準信号 80 は、送信信号 87 a～87 d と加算器 9 で合波されて、副搬送波多重信号 88 として基地局 1 に伝送される。

【0072】

図 8 は加算器 9 で生成される副搬送波多重信号 88 の周波数スペクトル図である。副搬送波多重信号 88 は、電気-光変換器 10 で光信号 151 に変換されて、制御局 2 から基地局 1 に光伝送される。

【0073】

基地局 1 内の光-電気変換器 11 は、制御局 2 から送信された光信号 151 を受信信号 89 に変換する。受信信号 89 は、分配器 12 に入力されて、アンテナ



素子線路と基地局局部発振器 6 にそれぞれ分配される。

【0074】

図 9 は基地局局部発振器 6 の詳細構成を示すブロック図である。図 7 の分配器 2 1 からの受信信号 8 9 が図 9 のバンドパスフィルタ 2 6 を通過することにより、所望の基準信号 8 0 が得られる。基地局局部発振器 6 は、制御局 2 から送信された基準信号に基づいて、各アンテナ素子線路に対する基地局 LO 信号 7 2 a ~ 7 2 d を生成する。これにより、制御局局部発振器 1 3 と基地局局部発振器 6 の基準信号 8 0 を共有化することができる。

【0075】

次に、第 2 の実施形態における送信系の動作について説明する。制御局 2 内の変調器 2 6 からの出力である中間周波信号  $S_{IF}(t)$  は、(15) 式で表される。

【0076】

【数 9】

$$S_{IF}(t) = \sqrt{P_{IF}} \cos(\omega_{IF}t + \phi_m(t)). \quad (15)$$

(15) 式では、第 1 の実施形態と同様に、アンテナ素子 4 a ~ 4 d から送信される無線信号 9 1 が QPSK (quadrphase-shift keying) 等の位相変調信号と仮定し、位相変調項は  $\phi_m(t)$ 、中間周波数は  $\omega_{IF}$ 、信号パワーは  $P_{IF}$  としている。

【0077】

図 6 の変調器 1 6 から出力された中間周波信号 8 5 は、分配器 4 2 でアンテナ素子数分に分波され、それぞれ重み付け回路 4 3 a ~ 4 3 d に入力される。また、ビーム演算回路 1 6 は、受信信号 7 1 a ~ 7 1 d と等しい相対位相差及び相対強度差をもつ受信信号 7 6 a ~ 7 6 d から、相対位相差及び相対強度差を抽出する。

【0078】

これらの抽出情報より、無線信号 7 0 の到来方向、つまり加入者の位置を検出し、その位置に基づいて無線信号 9 1 の送信方向を決定し、それに対応した重みを演算する。重み付け回路 4 3 a ~ 4 3 d では、ビーム演算回路 1 6 からの重み制御に従って、中間周波信号 8 5 に、振幅及び位相、または、位相の重みを付加

する。重みをWで表すと、重み付け回路43a～43dの出力信号86a～86dは、(16)式のようになる。

【0079】

【数10】

$$\begin{aligned} S_a'(t) &= \sqrt{w_{pa}P_{IF}} \cos(\omega_{IF}t + \phi_m(t) + w_{\phi a}), \\ S_b'(t) &= \sqrt{w_{pb}P_{IF}} \cos(\omega_{IF}t + \phi_m(t) + w_{\phi b}), \\ S_c'(t) &= \sqrt{w_{pc}P_{IF}} \cos(\omega_{IF}t + \phi_m(t) + w_{\phi c}), \\ S_d'(t) &= \sqrt{w_{pd}P_{IF}} \cos(\omega_{IF}t + \phi_m(t) + w_{\phi d}). \end{aligned} \quad (16)$$

(16)式の重み付け信号86a～86dは、乗算器44a～44dにより、(4)式で示される制御局LO発振器13からの制御局LO信号76a～dと乗算される。乗算器44a～44dの出力は、バンドパスフィルタ45a～45dに入力されて所望の帯域が抽出され、それぞれ異なる周波数に配置された送信信号87a～87dが得られる。得られた送信信号87a～87dである $S_a'' \sim S_d''(t)$ は、(17)式で表される。

【0080】

【数11】

$$\begin{aligned} S_a''(t) &= (1/2) \times \sqrt{w_{pa}P_{IF}P_{2L}} \cos\{(\omega_{IF} + \omega_{2a})t + \phi_m(t) + w_{\phi a} + \phi_{2a}\}, \\ S_b''(t) &= (1/2) \times \sqrt{w_{pb}P_{IF}P_{2L}} \cos\{(\omega_{IF} + \omega_{2b})t + \phi_m(t) + w_{\phi b} + \phi_{2b}\}, \\ S_c''(t) &= (1/2) \times \sqrt{w_{pc}P_{IF}P_{2L}} \cos\{(\omega_{IF} + \omega_{2c})t + \phi_m(t) + w_{\phi c} + \phi_{2c}\}, \\ S_d''(t) &= (1/2) \times \sqrt{w_{pd}P_{IF}P_{2L}} \cos\{(\omega_{IF} + \omega_{2d})t + \phi_m(t) + w_{\phi d} + \phi_{2d}\}, \end{aligned} \quad (17)$$

送信信号87a～87dは、制御局局部発振器13からの基準信号80と共に、加算器9で合波され、副搬送波多重信号88が得られる。副搬送波多重信号88は、電気-光変換器47において光信号151に変換され、光ファイバ3を介して、基地局1に伝送される。

【0081】

基地局1側では、PD等の光-電気変換器31で、光信号を電気信号である受信信号89に変換する。受信信号89は、分配器32により分岐され、アンテナ素子線路と基地局局部発振器6に入力される。

【 0 0 8 2 】

基地局局部発振器 6 は、前述した通り、制御局 2 側の基準信号 8 0 を基に、（ 2 ）式で示される基地局 L O 信号 7 2 a ～ 7 2 d を生成する。アンテナ素子線路において、受信信号 8 9 は、基地局局部発振器 6 からの基地局 L O 信号 7 2 a ～ 7 2 d と乗算され、各受信信号を同一の無線周波数帯  $\omega_{RF}$  に周波数コンバートする。

【 0 0 8 3 】

乗算器 3 3 a ～ 3 3 d の出力は、バンドパスフィルタ 3 4 a ～ 3 4 d に入力されて所望の帯域が抽出される。バンドパスフィルタ 3 4 a ～ 3 4 d の出力は、パワーアンプ 3 5 a ～ 3 5 d とサーキュレータ 3 6 a ～ 3 6 d を介して、アンテナ素子 4 a ～ 4 d に供給される送信信号 9 0 a ～ 9 0 d が得られる。これら送信信号 9 0 a ～ 9 0 d は、(18) 式で示される。

【 0 0 8 4 】

【 数 1 2 】

$$\begin{aligned} S_a(t) &= (1/4) \times \sqrt{w_{pa} P_{IF} P_{1L} P_{2L}} \cos\{(\omega_{IF} + \omega_{1a} + \omega_{2a})t + (\phi_m(t) + w_{\phi a}) + (\phi_{1a} + \phi_{2a})\}, \\ S_b(t) &= (1/4) \times \sqrt{w_{pb} P_{IF} P_{1L} P_{2L}} \cos\{(\omega_{IF} + \omega_{1b} + \omega_{2b})t + (\phi_m(t) + w_{\phi b}) + (\phi_{1b} + \phi_{2b})\}, \\ S_c(t) &= (1/4) \times \sqrt{w_{pc} P_{IF} P_{1L} P_{2L}} \cos\{(\omega_{IF} + \omega_{1c} + \omega_{2c})t + (\phi_m(t) + w_{\phi c}) + (\phi_{1c} + \phi_{2c})\}, \\ S_d(t) &= (1/4) \times \sqrt{w_{pd} P_{IF} P_{1L} P_{2L}} \cos\{(\omega_{IF} + \omega_{1d} + \omega_{2d})t + (\phi_m(t) + w_{\phi d}) + (\phi_{1d} + \phi_{2d})\}. \end{aligned} \quad (18)$$

ここで、送信信号 9 0 a ～ 9 0 d の周波数及び位相は、第 1 の実施形態と同様に、（ 1 9 ）および（ 2 0 ）式の条件を満たすように設定される。第 1 の実施形態で説明した受信系における基地局及び制御局局部発振器 6、1 3 の構成及び（ 1 4 ）式の関係を満たすことにより、（ 2 0 ）式の関係が得られる。

【 0 0 8 5 】

【 数 1 3 】

$$\omega_{RF} = \omega_{IF} + \omega_{1a} + \omega_{2a} = \omega_{IF} + \omega_{1b} + \omega_{2b} = \omega_{IF} + \omega_{1c} + \omega_{2c} = \omega_{IF} + \omega_{1d} + \omega_{2d}, \quad (19)$$

$$\begin{aligned} k + 2m\pi &= \phi_{1a} + \phi_{2a} + 2m_a\pi = \phi_{1b} + \phi_{2b} + 2m_b\pi \\ &= \phi_{1c} + \phi_{2c} + 2m_c\pi = \phi_{1d} + \phi_{2d} + 2m_d\pi \quad \cdots (20) \end{aligned}$$

ただし、k は定数、m、 $m_a \sim m_d$  は整数である。

【 0 0 8 6 】

上記により、各アンテナ素子 4 a ~ 4 d からの送信信号 9 0 a ~ 9 0 d は、(21)式のように表すことができる。

【 0 0 8 7 】

【数 1 4】

$$\begin{aligned} S_a(t) &= \sqrt{w_{pa}P_s} \cos(\omega_{RF}t + \phi_m(t) + w_{\phi a} + k), \\ S_b(t) &= \sqrt{w_{pb}P_s} \cos(\omega_{RF}t + \phi_m(t) + w_{\phi b} + k), \\ S_c(t) &= \sqrt{w_{pc}P_s} \cos(\omega_{RF}t + \phi_m(t) + w_{\phi c} + k), \\ S_d(t) &= \sqrt{w_{pd}P_s} \cos(\omega_{RF}t + \phi_m(t) + w_{\phi d} + k). \end{aligned} \quad (21)$$

アダプティブ制御の可変指向性アレーアンテナでは、信号に、振幅と位相の重み付けがされていることが重要である。また、位相は相対位相関係が重要であり、固定位相成分 k が含まれていても問題はない。

【 0 0 8 8 】

送信信号 9 0 a ~ 9 0 d は、制御局 2 のビーム演算回路 1 6 により振幅及び位相の重み付けがされており、アンテナ素子 4 a ~ 4 d からの放射される無線信号 9 1 の放射パターンが制御される。基地局 1 のアンテナ 4 a ~ 4 d から放射される送信信号 9 0 a ~ 9 0 d が、加入者方向に同相で合波されることにより、加入者で受信する無線信号 9 1 は、(22)式のようなになる。

【 0 0 8 9 】

【数 1 5】

$$S(t) = \sqrt{P_s'} \cos(\omega_s t + \phi_m(t) + k'). \quad (22)$$

k' は伝搬による遅延が含まれた位相定数項であり、Ps' は、伝搬による損失を被った信号のパワーである。

【 0 0 9 0 】

このように、第 2 の実施形態では、基地局局部発振器 6 と制御局局部発振器 1 3 の双方で、局部発振信号用の基準信号を共通化するため、構成を簡略化することができるとともに、局部発振信号同士の位相ずれや信号強度のずれをなくすることができる。

【0091】

また、制御局 2 から基地局 1 に送信信号を伝送する際、送信信号の相対位相情報と相対強度情報を原理的に維持したまま、制御局 2 から送信局 1 に送信信号を伝送できるため、基地局 1 にはアクティブな信号処理をする構成要素を配置する必要がなく、基地局 1 の規模を小型化できるとともに、構成が簡易なために信頼性を向上できる。

【0092】

(第 3 の実施形態)

第 2 の実施形態の送信系は、基地局 1 の構成を最小限に簡素化するために、送信用の重み付け回路（第 2 の重み付け手段）43a～43d を制御局 1 側に備えている。制御局 2 側から基地局 1 側へ伝送される送信信号 87a～87d は、受信系での無線伝搬路を伝搬して雑音やフェージング等の影響を被っている受信信号 71a～71d とは異なり、位相と振幅が互いに異なっているだけである。したがって、重み付け回路 43a～43d の構成を簡略化することができる。

【0093】

一方、重み付け回路 43a～43d を基地局 2 側に設けることが可能であれば、中間周波信号 85 とビーム演算回路 16 からの重み付け制御信号を、制御局 2 側から基地局 1 側に伝達し、基地局 1 側で重み付けを行って、送信信号を生成してもよい。

【0094】

以下に説明する第 3 の実施形態は、送信系の重み付け回路 17a～17d を基地局 1 側に設けたものである。

【0095】

図 10 は本発明に係る無線通信システムの第 3 の実施形態のブロック図である。受信系の構成は、第 1 及び第 2 の実施形態と同様であり、共通の構成部分については、同一の符号を付している。

【0096】

図 10 の基地局 1 は、図 6 の構成に加えて、重み付け回路 43a～43d と、重み制御を行う重み制御回路 51 とを有する。また、図 10 の制御局 2 は、図 6

の構成から重み付け回路 43a~43d を取り除いた構成になっている。

【0097】

ビーム演算回路 16 は、第 1 の実施形態と同様に、基地局 1 からの副搬送波多重信号 74 に含まれる受信信号 71a~71d の位相及び振幅情報を基に、無線信号 70 の到来方向を推定する。その推定結果から、基地局 1 から加入者に送信する無線信号 91 の放射ビームを、基地局 1 に備えた重み付け回路 17a~17d により制御する。

【0098】

ビーム演算回路 16 は、基地局 1 側の重み付け回路 17a~17d の重みを制御するための制御信号 92 を出力する。制御局 2 内の加算器 50 は、変調器 26 から出力された中間周波信号 85 に、重み制御信号 92 と、第 2 の実施形態と同様に基準信号 80 とを重畳して、送信信号 93 を出力する。

【0099】

重み制御信号 92 は、どのような形態でもよいが、代表的にはデジタル信号、または、デジタル信号を所定の周波数帯に周波数コンバートした信号である。電気-光変換器 10 により、送信信号 93 を光信号 152 に変換し、光ファイバ 3 を介して、基地局 1 側へ光伝送する。

【0100】

基地局 1 側では、送信されてきた光信号 152 を光-電気変換器 31 により受信信号 94 に変換する。受信信号 94 は、分配器 32 により分岐され、アンテナ素子 4a~4d への線路と、重み制御回路 51 と、基地局局部発振器 6 とにそれぞれ入力される。

【0101】

重み制御回路 51 は、重み制御信号 92 に基づいて、重み付け回路 43a~43d を制御して、送信信号 85 の振幅及び位相に重みを加え、中間周波の送信信号 95a~95d を出力する。

【0102】

送信側局部発振器 53 は、正弦波である基地局 LO 信号 96 を発生させ、分配器 12 でアンテナ素子数分に分配し、各乗算器（第 4 の周波数変換手段）33a

～33dに入力する。図示していないが、基地局LO信号96は、必要とあらば、基準信号80に基づいて基地局LO信号を生成してもよい。

【0103】

乗算器33a～33dは、重み制御回路30から出力された中間周波送信信号95a～95dと基地局LO信号96とを乗算し、無線周波数帯に周波数をアップコンバートする。

【0104】

乗算器33a～33dの出力はバンドパスフィルタ34a～34dに入力されて所望帯域が抽出され、パワーアンプ35a～35dとサーキュレータ36a～36dを介して、送信信号97a～97dが得られる。送信信号97a～97dは、アンテナ素子4a～4dに入力され、放射パターンを加入者の位置に合わせて変化させる。

【0105】

このように、第3の実施形態では、アンテナ素子4a～4dへの送信信号を生成する際、基地局1側で各送信信号の重み付けを行うため、制御局2から基地局1へ伝達する送信信号85は1種類だけでよくなり、制御局1側の構成を簡略化することができる。

【0106】

また、基地局LO信号96の周波数帯は、各アンテナ素子4a～4dで共通であるため、基地局局部発振器31は単に基準信号を分波するだけでよく、基地局局部発振器31の構成を簡易化することができる。さらに、アンテナ素子4a～4dの近くで重み付けを行うため、重み付けを行った後に伝送経路の伝搬により位相や信号強度が変動するような不具合が起きなくなる。

【0107】

(第4の実施形態)

第4の実施形態は、各アンテナ素子からの送信信号あるいは各アンテナ素子の受信信号を副搬送波多重して光伝送するのではなく、スペクトル拡散多重方式により信号伝送を行うものである。

【0108】

図 11 は本発明に係る無線通信システムの第 4 の実施形態の構成を示すブロック図である。図 11 では、第 1 ～第 3 の実施形態と共通する構成部分には同一の符号を付している。

## 【0109】

図 11 の基地局 1 は、図 1 の基地局 1 に、アンテナ素子 4 a ～4 d での受信信号 71 a ～71 d に対してスペクトル拡散を行う拡散器（第 1 のスペクトル拡散多重信号生成手段）56 a ～56 d を新たに追加した構成になっている。

## 【0110】

また、図 11 の制御局 2 は、図 1 の制御局 2 内の乗算器 14 a ～14 d とバンドパスフィルタ 15 a ～15 d の代わりに、スペクトル逆拡散を行う逆拡散器（逆拡散手段）57 a ～57 d を設けた構成になっている。

## 【0111】

次に、図 11 の無線通信システムの動作を説明する。基地局 1 は、不図示の加入者からの無線信号 70 をアレーアンテナ 4 a ～4 d で受信する。各アンテナ素子 4 a ～4 d で受信した受信信号 71 a ～71 d は、第 1 の実施形態と同様に (1) 式で示される。

## 【0112】

各受信信号 71 a ～71 d は、無線信号 70 の到来方向に応じて、位相及び振幅が異なっている。ローノイズアンプ 5 a ～5 d を通過した受信信号 71 a ～71 d は、乗算器 7 a ～7 d にて、基地局局部発振器 34 から出力されて分波された基地局 LO 信号 98 と乗算され、周波数ダウンコンバートされる。

## 【0113】

周波数ダウンコンバートされた受信信号 99 a ～99 d は、拡散器 56 a ～56 d でスペクトル拡散される。拡散器 56 a ～56 d は、各アンテナ素子線路毎に異なる拡散符号が割り当てられている。拡散符号には、好ましくは、Walsh 符号等の直交符号が良い。拡散器 56 a ～56 d の出力であるスペクトル拡散信号 99 a ～99 d は、加算器 9 により多重化されて、スペクトル拡散多重信号 100 が得られる。

## 【0114】



図 12 (a) は受信信号 99 の周波数スペクトル図、図 12 (b) はスペクトル拡散信号 100 の周波数スペクトル図、図 12 (c) はスペクトル拡散多重信号 101 の周波数スペクトル図である。スペクトル拡散多重信号 101 は、電気-光変換器 10 にて光信号 153 に変換されて、光ファイバ 3 を介して制御局 2 へ伝送される。

【0115】

制御局 2 の光-電気変換器 11 は、光信号 153 を電気信号 102 に変換する。電気信号 102 は、分配器 12 によりアンテナ素子数分に分配されて、それぞれ逆拡散器 33a~33d に入力される。逆拡散器 33a~33d は、各アンテナ素子線路毎に割り当てた基地局 1 側と同一の拡散符号で、スペクトル逆拡散の信号処理を施す。逆拡散器 33a~33d の出力である受信信号 103a~103d は、基地局 1 における受信信号 71a~71d の相対位相情報  $\phi a \sim \phi d$  と相対強度情報  $P a \sim P d$  を維持している。

【0116】

逆拡散器 33a~33d の出力信号 103a~103d の一部は、ビーム演算回路 16 に入力されて、相対位相  $\phi a \sim \phi d$  と相対強度  $P a \sim P d$  の情報が与えられる。すなわち、ビーム演算回路 16 は、相対位相情報  $\phi a \sim \phi d$  と相対強度情報  $P a \sim P d$  に基づいて、基地局 1 における無線信号 70 の到来方向を計算する。

【0117】

また、逆拡散器 33a~33d の出力信号 103a~103d は重み付け回路 17a~17d に入力され、ビーム演算回路 16 からの重み制御信号により、位相および振幅が重み付けされた後、合波器 18 で合波されて受信信号 78 となる。

【0118】

ビーム演算回路 16 は、合成器 18 から出力される受信信号 78 に対して、不要波や干渉波を抑圧して、SIR (Signal-to-Interference Ratio) が最適となるように、重み付け回路 17a~17d の重み付け制御を行う。受信信号 78 は、復調器 19 に入力されて、加入者からの情報が取り出される。

【0119】

図 13 (a) は拡散器 56 の詳細構成を示すブロック図、図 13 (b) は逆拡散器 57 の詳細構成を示すブロック図である。図示のように、拡散器 56 と逆拡散器 57 は、ほぼ同様に構成されており、入力信号と拡散符号との乗算を行う。

【0120】

拡散器 56 は、バンドパスフィルタ 8a～8d を通過した受信信号と拡散符号発生器 58 からの拡散符号 104 とを乗算する乗算器 59 と、乗算器 59 の出力から所望帯域の信号を抽出するバンドパスフィルタ 60 とを有する。バンドパスフィルタ 60 で抽出された信号がスペクトル拡散信号 100 になる。

【0121】

一方、逆拡散器 57 は、拡散符号 104 と同一の逆拡散符号 105 と分配器 12 の出力である受信信号 102 とを乗算する乗算器 62 と、乗算器 62 の出力から所望帯域を抽出するバンドパスフィルタ 63 とを有する。乗算器 63 の乗算により、受信信号 102 はスペクトル逆拡散される。

【0122】

拡散符号 104 と逆拡散符号 105 に用いられる符号が、アンテナ線路毎に直交性を保ち、拡散と逆拡散の符号同期を適正に保てば、他の拡散符号でスペクトル拡散された信号の出力はゼロとなり、バンドパスフィルタ 63 からは所望の信号のみが出力される。

【0123】

以上のように、全てのアンテナ素子 4a～4d の線路は、同一の周波数帯で伝送されるため、遅延量は等しく相対位相差は保たれる。相対強度差も保たれるため、制御局 2 側では、無線信号 70 の到来方向を正確に推定することができる。

【0124】

また、図 11 のようなスペクトル拡散多重方式の場合、副搬送波多重と異なり、基地局 1 には、アンテナの素子数に応じた局部発振器を設ける必要がなく、一種類の局部発振器だけを設けるだけでよい。

【0125】

その一方で、異なる拡散符号がアンテナ素子数分必要となるが、拡散符号は固定パターンであり、メモリーなどに記憶されておけばよい。このため、基地局全

体の構成を小型化することができる。

#### 【0126】

全てのアンテナ素子4a～4dに対して、スペクトル拡散による多重効率を高めるためには、受信信号71a～71dの強度差が大きくないことが望まれる。移動通信ではそのような条件を得ることが難しいが、WLL (Wireless Local Loop) 等のように高速無線通信においては条件を満たしやすい。WLLでは、加入者と基地局1は直接波を送受信できるように配置されるため、直接波が見通せて、各アンテナ素子4a～4dで受信する受信信号71a～71dは、ほとんど等しいパワーとなる。このため、スペクトル拡散信号のパワーも等しく、全てのアンテナ素子線路に対する拡散多重効率を高く保つことができる。

#### 【0127】

##### (第5の実施形態)

第5の実施形態は、第4の実施形態に送信系を追加し、追加した送信系にもスペクトル拡散多重方式を適用するものである。

#### 【0128】

図14は本発明に係る無線通信システムの第5の実施形態のブロック図である。図14では、図11と共通する構成部分には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。

#### 【0129】

図14の基地局1内には、送信系の構成として、光-電気変換器31と、分配器32と、逆拡散器64a～64dと、乗算器(第2の周波数変換手段)33a～33dと、局部発振器54と、分波器53と、バンドパスフィルタ34a～34dと、パワーアンプ35a～35dと、サーキュレータ36a～36dとが設けられている。

#### 【0130】

また、図14の制御局2内には、送信系の構成として、変調器41と、分配器42と、重み付け回路(第2の重み付け手段)43a～43dと、拡散器65a～65dと、加算器(加算手段)50と、電気-光変換器47とが設けられている。

## 【0131】

ビーム演算回路16は、基地局1の受信信号71a~71dに対応するスペクトル逆拡散信号103a~103dの相対位相差および相対強度差から、基地局1から加入者への無線信号91の放射パターンを求める。

## 【0132】

送信系側の重み付け回路17a~17dは、アンテナ素子数に分配された中間周波信号85の位相及び強度に重みを付加して、放射パターンを制御する。重みが付加された送信信号86a~86dは、拡散器65a~65dによりスペクトル拡散された後、加算器46で多重化され、スペクトル拡散多重信号108が得られる。

## 【0133】

スペクトル拡散多重信号108は、電気-光変換器10において光信号154に変換され、光ファイバ3を介して、基地局1に伝送される。基地局1側では、PD等の光-電気変換器11で、光信号154を電気信号である受信信号109に変換する。

## 【0134】

受信信号109は、分配器32により分岐され、それぞれの逆拡散器64a~64dに入力される。逆拡散器64a~64dは、拡散器65a~65dで使用した拡散符号と同一の逆拡散符号を用いてスペクトル逆拡散を行う。乗算器33a~33dは、基地局局部発振器54からの基地局LO信号98に基づいて、スペクトル逆拡散を行った信号を無線帯域の周波数にアップコンバートする。

## 【0135】

乗算器33a~33dの出力は、バンドパスフィルタ34a~34dに入力されて、所望帯域が抽出される。その後、パワーアンプ35a~35dとサーキュレータ36a~36dを介して、各アンテナ素子に供給される送信信号107a~107dが得られる。送信信号107a~107dは、制御局2のビーム演算回路16により振幅及び位相に重み付けされているため、アンテナ素子4a~4dからの放射される無線信号91の放射パターンが制御されることになる。

## 【0136】

このように、第 5 の実施形態では、アンテナ素子 4 a ~ 4 d に送信信号を伝送する際にも、スペクトル拡散多重方式にて信号伝送を行うため、制御局および基地局側の送信系の構成を簡略化することができる。

【0 1 3 7】

(第 6 の実施形態)

第 6 の実施形態は、第 3 の実施形態と同様に、送信系の重み付け回路 1 7 a ~ 1 7 d を、基地局 1 側に設けたものである。

【0 1 3 8】

図 1 5 は本発明に係る無線通信システムの第 6 の実施形態のブロック図である。第 6 の実施形態の受信系の構成は第 4 および第 5 の実施形態と同一であり、同一符号を付している。

【0 1 3 9】

図 1 5 の基地局 1 は、図 1 4 の構成に加えて、重み付け回路 4 3 a ~ 4 3 d と、重み制御を行う重み制御回路 5 1 とを有する。また、図 1 5 の制御局 2 は、図 1 4 の構成から重み付け回路 4 3 a ~ 4 3 d を取り除いた構成になっている。

【0 1 4 0】

ビーム演算回路 1 6 は、第 4 の実施形態と同様に、基地局 1 からのスペクトル拡散多重信号 7 4 に含まれている受信信号 7 1 a ~ 7 1 d の位相及び振幅情報を基に、無線信号 7 0 の到来方向を推定する。その推定結果から、基地局 1 から加入者へ送信する無線信号 9 1 の放射ビームを、基地局 1 に備えた重み付け回路 1 7 a ~ 1 7 d により制御する。ビーム演算回路 1 6 は、基地局 1 側の重み付け回路 1 7 a ~ 1 7 d の重みを制御するための制御信号 9 2 を出力する。

【0 1 4 1】

加算器 9 は、変調器 4 1 から出力された中間周波信号 8 5 に重み制御信号 9 2 を重畳して、送信信号 9 3 を生成する。重み制御信号 9 2 は、どのような形態でもよいが、代表的にはデジタル信号、または、デジタル信号を所定の周波数帯に周波数コンバートした信号である。

【0 1 4 2】

電気-光変換器 1 0 は、送信信号 9 3 を光信号 1 5 2 に変換し、光ファイバ 3

を介して、基地局 1 側へ光伝送する。基地局 1 側では、送信されてきた光信号 152 を光—電気変換器 11 により受信信号 94 に変換する。受信信号 94 は、分配器 12 により分岐され、それぞれアンテナ素子 4a~4d への線路、重み制御回路 30 に入力される。

【0143】

重み制御回路 30 は、重み制御信号 92 を基に、重み付け回路 17a~17d を制御して、送信信号 85 の振幅及び位相に重みを加え、中間周波の送信信号 95a~95d を生成する。送信側局部発振器 54 は、正弦波である基地局 LO 信号 98 を発生させ、分配器 12 でアンテナ素子数分に分配し、各乗算器 33a~33d に入力する。

【0144】

乗算器 33a~33d は、中間周波送信信号 95a~95d と基地局 LO 信号 98 とを乗算して、周波数をコンバートする。乗算器 33a~33d の出力はバンドパスフィルタ 34a~34d に入力されて所望帯域が抽出され、パワーアンプ 35a~35d とサーキュレータ 36a~36d を介して、送信信号 97a~97d を得る。送信信号 97a~97d は、アンテナ素子 4a~4d に入力されて、下り無線信号 91 の放射パターンを加入者の位置に合わせて変化させる。

【0145】

(第 7 の実施形態)

上述した第 1~第 6 の実施形態では、(7) 式や (20) 式の位相条件に対して、(14) 式の位相条件を満たすことを前提としたが、(14) 式の条件を満たす以外にも、付加位相差をゼロにすることは可能である。

【0146】

例えば、各アンテナ素子と重み付け回路の間の線路のどこかに、あるいは制御局や基地局の局部発振器と乗算器との間のどこかに移相器を挿入し、挿入した移相器により、送信信号や受信信号に位相オフセットを与え、アンテナ素子線路間の相対位相差を維持してもよい。

【0147】

図 16 は本発明に係る無線通信システムの第 7 の実施形態のブロック図であり

、各アンテナ素子4 a～4 dのそれぞれごとに移相器（位相補償手段）66 a～66 dを有する例を示している。図16の制御局2は、バンドパスフィルタ15 a～15 dと重み付け回路17 a～17 dとの間に移相器66 a～66 dを設けた点を除いて、図1と同様に構成されている。

【0148】

図16の移相器66 a～66 dを設けることにより、各アンテナ素子4 a～4 dの伝搬線路の遅延量を補償することができ、各アンテナ素子4 a～4 dで受信された相対位相差を維持したまま、基地局1から制御局2に信号を伝送することができる。

【0149】

なお、図16のような移相器66 a～66 dを設ける代わりに、各アンテナ素子4 a～4 dの線路間の遅延差及び位相差をオフセットとして、重み付け回路17 a～17 dでの位相重みに付加しても良い。

【0150】

実際の無線通信システムでは、アンプ、フィルタ、乗算器等のマイクロコンポーネントに個体差による遅延及び位相差が付加されることになる。それらの遅延差及び位相差も、前述のように位相オフセットとして、移相器66 a～66 dへの補償量、あるいは重み付け回路17 a～17 dにおける位相重み量に取り入れると、より高い信頼性をもつ無線通信システムを提供することが可能となる。

【0151】

無線信号、中間周波信号、LO信号の周波数の関係では、第1の実施形態では(6)式、第2の実施形態では(19)式としたが、例えば、(6)式の代わりに(6 a)式とし、(19)式の代わりに(19 a)式としてもよい。

【0152】

【数16】

$$\omega_{IF} = \omega_{RF} - \omega_{1a} + \omega_{2a} = \omega_{RF} - \omega_{1b} + \omega_{2b} = \omega_{RF} - \omega_{1c} + \omega_{2c} = \omega_{RF} - \omega_{1d} + \omega_{2d}, \quad (6a)$$

$$\omega_{RF} = \omega_{IF} + \omega_{1a} - \omega_{2a} = \omega_{IF} + \omega_{1b} - \omega_{2b} = \omega_{IF} + \omega_{1c} - \omega_{2c} = \omega_{IF} + \omega_{1d} - \omega_{2d}, \quad (19a)$$

すなわち、無線信号、中間周波信号、LO信号の周波数のプラス、マイナスの

符号は、いずれかを選択することができる。

【0153】

(その他の実施形態)

上述した第2および第3の実施形態においては、アンテナ4a～4dにおける送信信号、受信信号の周波数変換に対して、同一の基地局LO信号72a～72dと制御局LO信号76a～dを使用する例を説明した。しかし、送信系あるいは受信系の周波数変換用として、異なるLO信号を出力する局部発振器を制御局2及び基地局1に備えてもよい。

【0154】

上述した各実施形態では、中間周波無線信号に対して重み付けを行っているが、局部発振器6, 13の出力であるLO信号に対して、重み付けを行ってもよい。但し、LO信号において重み付けを行う場合、第1～第3の実施形態の副搬送波多重光伝送においては、LO信号の周波数がそれぞれアンテナ素子線路毎に異なるため、LO信号の周波数おける位相に換算して、重み付けを行うのが望ましい。また、第3及び第6の実施形態においては、パワーアンプ35a～35dの前段部分やローノイズアンプ5a～5dの後段等の無線周波帯の送信信号や受信信号に対して重み付けを行ってもよい。

【0155】

上述した各実施形態では、位相及び振幅を制御する重み付け回路は、周波数変換された無線信号に対するアナログ信号処理として説明したが、デジタル信号処理で行っても良い。

【0156】

すなわち、受信系においては、受信信号をアナログーデジタル変換して、デジタル信号として重み付け回路に入力する。また送信系においては、デジタル信号処理である重み付け回路の出力をデジタルーアナログ変換して、アナログ信号として基地局側へ伝達する構成でも良い。

【0157】

アダプティブアンテナの信号合成方法は多岐にわたる。本実施形態では、信号合成した後に復調する方式を述べたが、例えば、遅延検波をしてから信号合成を



するなど、他の方式で信号合成を行ってもよい。

【0 1 5 8】

また、本実施形態では、伝送路を光ファイバとして説明を行った。しかしながら、伝送距離が長くない場合には、同軸ケーブルであってもよい。この場合には、電気－光変換器および光－電気変換器は不要になる。

【0 1 5 9】

また、制御局 2 及び基地局 1 における電気－光変換器の電気－光変換方法には、レーザを直接変調する方法と外部光変調器を用いて変調する方法がある。アダプティブアンテナの適用が期待されている ITS や WLL で使用される  $\omega$ RF は、5.8GHz 及び 22GHz 等の高周波帯である。

【0 1 6 0】

半導体レーザで直接変調できる帯域は、せいぜい数GHzであるため、高周波帯を直接変換する方法としては、外部光変調器を使用することになる。しかし、IC 化等により回路要素増加に対しても小型化できる電気回路とは異なり、光回路は小型化することができない。そのため、外部光変調器の使用は、コンポーネントスペースが必要となり構成が複雑になるばかりか、高価である。本実施形態では、中間周波の無線信号を副搬送波多重して光伝送する構成であり、レーザ直接変調方式が採用でき、光送信器の構成を簡易化及び低コスト化することが可能である。

【0 1 6 1】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、複数のアンテナ素子で受信した信号を副搬送波多重信号またはスペクトル拡散多重信号に変換して、基地局から制御局に伝送するようにしたため、基地局と制御局間の信号伝送系の構成を簡略化することができる。

【0 1 6 2】

例えば、基地局と制御局間で光ファイバを用いて信号伝送を行う場合は、送信系と受信系でそれぞれ 1 本の光ファイバで信号伝送を行えるため、光ファイバの数を削減できるとともに、電気－光変換器における光源の波長制御回路、光伝送

部の光合成器、および光分波器も不要となる。

【0163】

したがって、各アンテナ素子に対して一对の電気-光変換器と光-電気変換器を必要とする従来の無線通信システムに比べて、光伝送部分の構成要素を減らすことができ、かつ、基地局の構成を大幅に簡略化および小型化することができる。また、電気系部分に比べてコストの高い光伝送系部品の数減らすことにより、基地局のコスト低減が図れる。

【0164】

さらに、本発明によれば、基地局に備えたアンテナ素子での受信信号の相対位相差を、制御局側まで原理的に保つことができる。よって、制御局側のビーム演算回路から、この相対位相差情報を基に、基地局のアレーアンテナのビーム放射パターンを制御できる。つまり、基地局側には、ビーム演算回路及び制御回路を備える必要はなく、パッシブな要素の構成で、かつ小型化が可能である。このような利点を備えた基地局を数多く広いエリアに配置させても、信頼性および安定性の高い無線通信システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る無線通信システムの第1の実施形態の概略構成を示すブロック図。

【図2】

基地局局部発振器の構成を示すブロック図。

【図3】

基地局LO信号の波形図。

【図4】

(a) は乗算器 7 a とバンドパスフィルタ 8 a の入出力信号を示す図、(b) は乗算器 1 4 a とバンドパスフィルタ 1 5 a の入出力信号を示す図。

【図5】

(a) は付加位相差がある場合の波形図、(b) は付加位相差がない場合の波形図。

【図 6】

本発明に係る無線通信システムの第 2 の実施形態のブロック図。

【図 7】

図 6 の制御局局部発振器 1 3 の詳細構成を示すブロック図。

【図 8】

加算器 9 で生成される副搬送波多重信号 8 8 の周波数スペクトル図。

【図 9】

基地局局部発振器 6 の詳細構成を示すブロック図。

【図 1 0】

本発明に係る無線通信システムの第 3 の実施形態のブロック図。

【図 1 1】

本発明に係る無線通信システムの第 4 の実施形態の構成を示すブロック図。

【図 1 2】

(a) は受信信号 9 9 の周波数スペクトル図、(b) はスペクトル拡散信号の周波数スペクトル図、(c) はスペクトル拡散多重信号の周波数スペクトル図。

【図 1 3】

(a) は拡散器の詳細構成を示すブロック図、(b) は逆拡散器の詳細構成を示すブロック図。

【図 1 4】

本発明に係る無線通信システムの第 5 の実施形態のブロック図。

【図 1 5】

本発明に係る無線通信システムの第 6 の実施形態のブロック図。

【図 1 6】

本発明に係る無線通信システムの第 7 の実施形態のブロック図。

【図 1 7】

波長多重伝送を行う従来の無線通信システムのブロック図。

【図 1 8】

各アンテナ素子ごとに光ファイバを割り当てた従来の無線通信システムのブロック図。

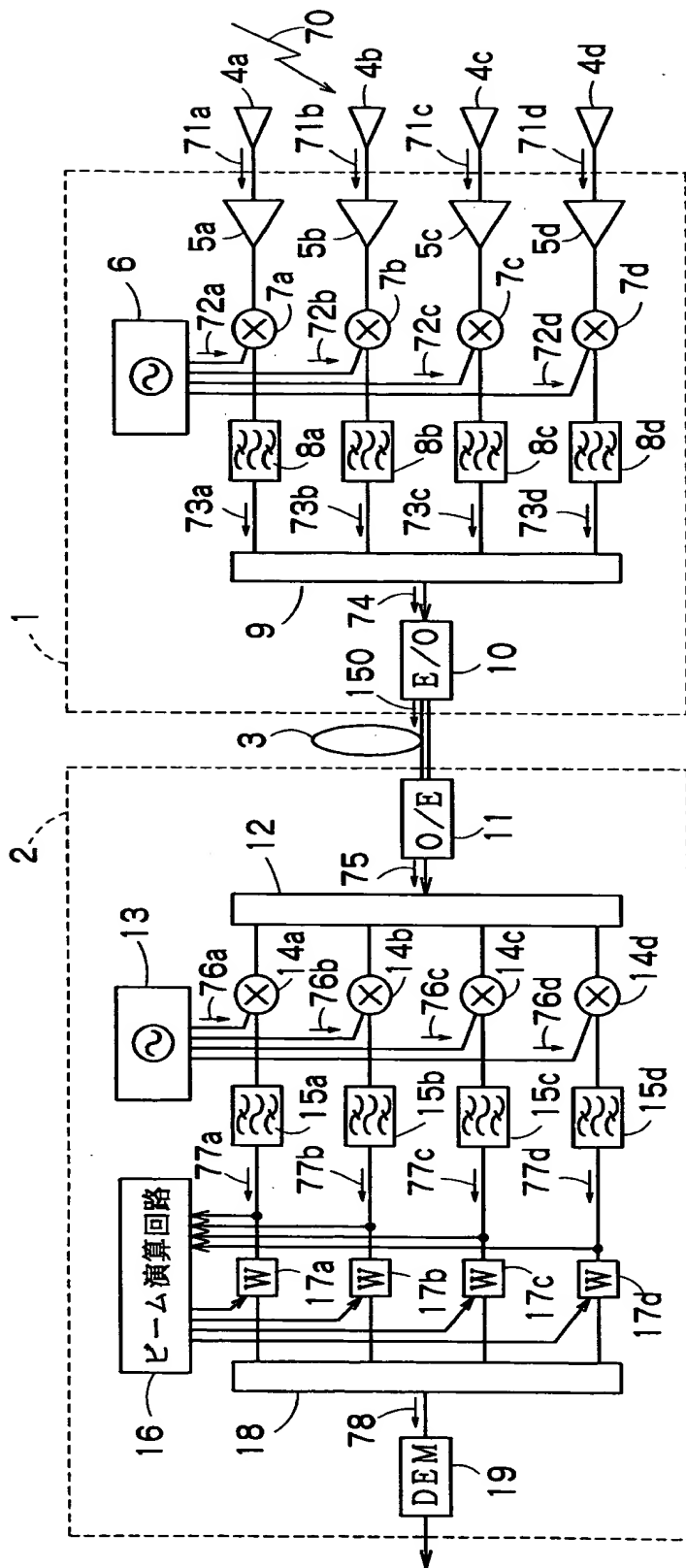
【符号の説明】

- 1 基地局
- 2 制御局
- 3 光ファイバ
- 4 a～4 d アンテナ素子
- 5 a～5 d ローノイズアンプ
- 6 基地局局部発振器
- 7 a～7 d 乗算器
- 8 a～8 d バンドパスフィルタ
- 9 加算器
- 10, 47 電気-光変換器
- 11, 31 光-電気変換器
- 12, 32, 42 分配器
- 13 制御局局部発振器
- 14 a～14 d 乗算器
- 15 a～15 d バンドパスフィルタ
- 16 ビーム演算回路
- 17 a～17 d 重み付け回路
- 18 加算器
- 19 復調器
- 20 基準発振器
- 21 分配器
- 22 a～22 d 位相比較器
- 23 a～23 d 電圧制御発振器 (VCO)
- 24 a～24 d 分周器
- 25 a～25 d ループフィルタ
- 33 a～33 d 乗算器
- 34 a～34 d バンドパスフィルタ
- 35 a～35 d パワーアンプ

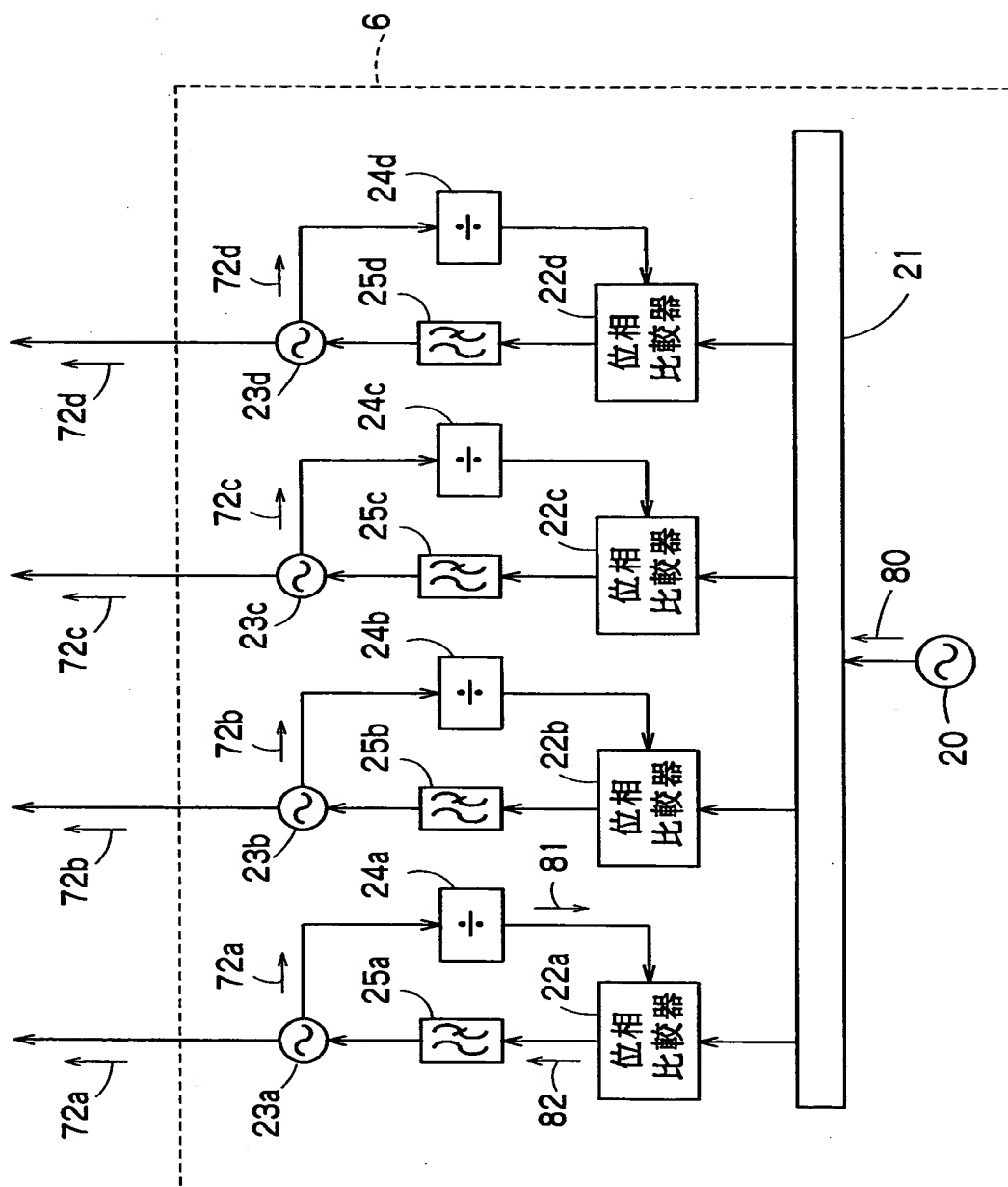
36 a~36 d サークュレータ  
43 a~43 d 重み付け回路  
44 a~44 d 乗算器  
45 a~45 d バンドパスフィルタ  
46 加算器  
50 波長制御器  
51 光合成器  
52 光分波器  
54 基地局局部発振器  
55 分配器  
56 a~56 d, 65 a~65 d 拡散器  
57 a~57 d, 64 a~64 d 逆拡散器  
58, 61 拡散符号発生器  
59 乗算器  
60, 63 バンドパスフィルタ  
62 乗算器  
66 a~66 d 移相器

【書類名】 図面

【図 1】

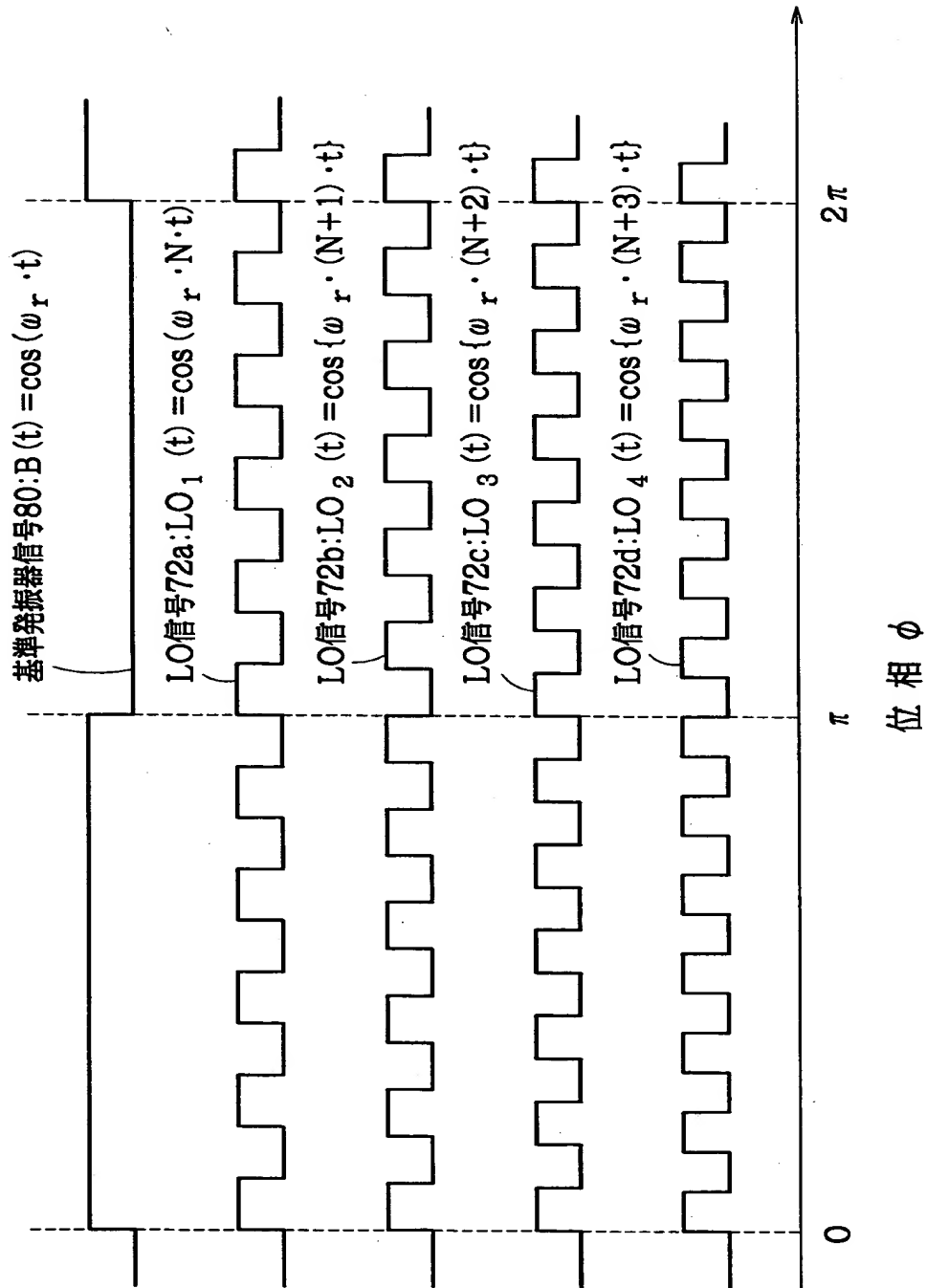


【図 2】

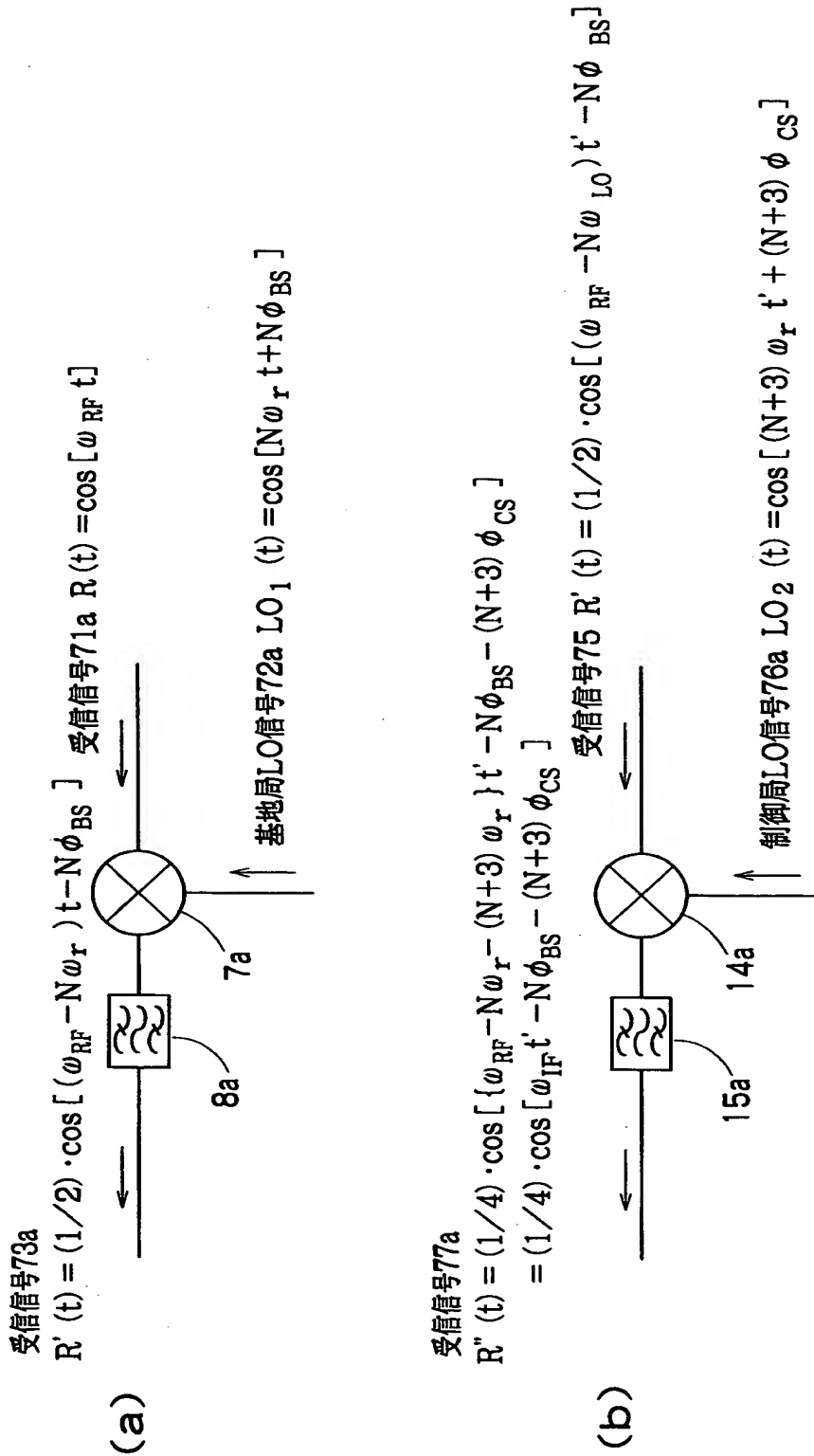




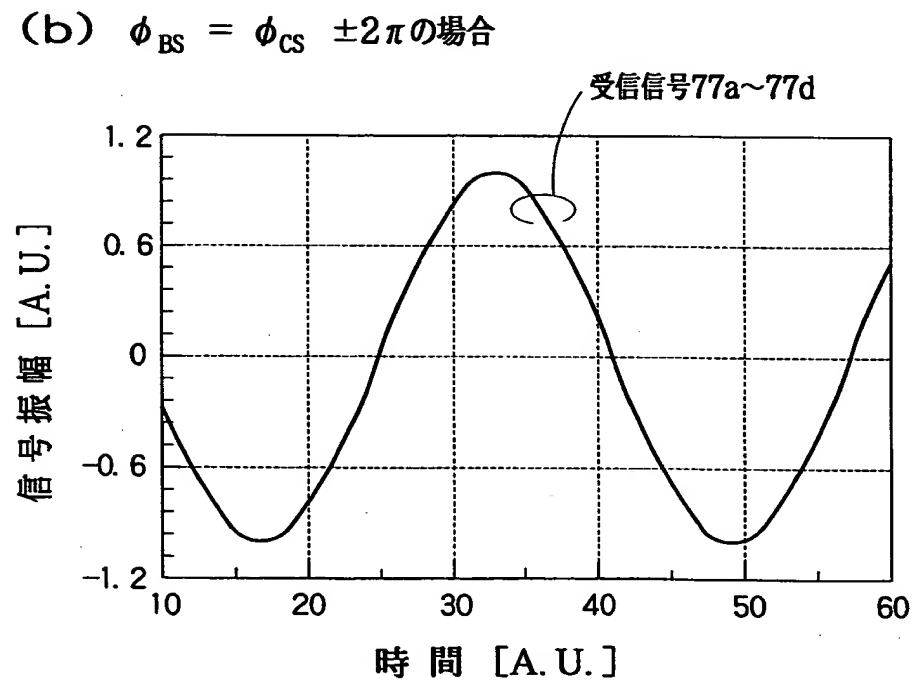
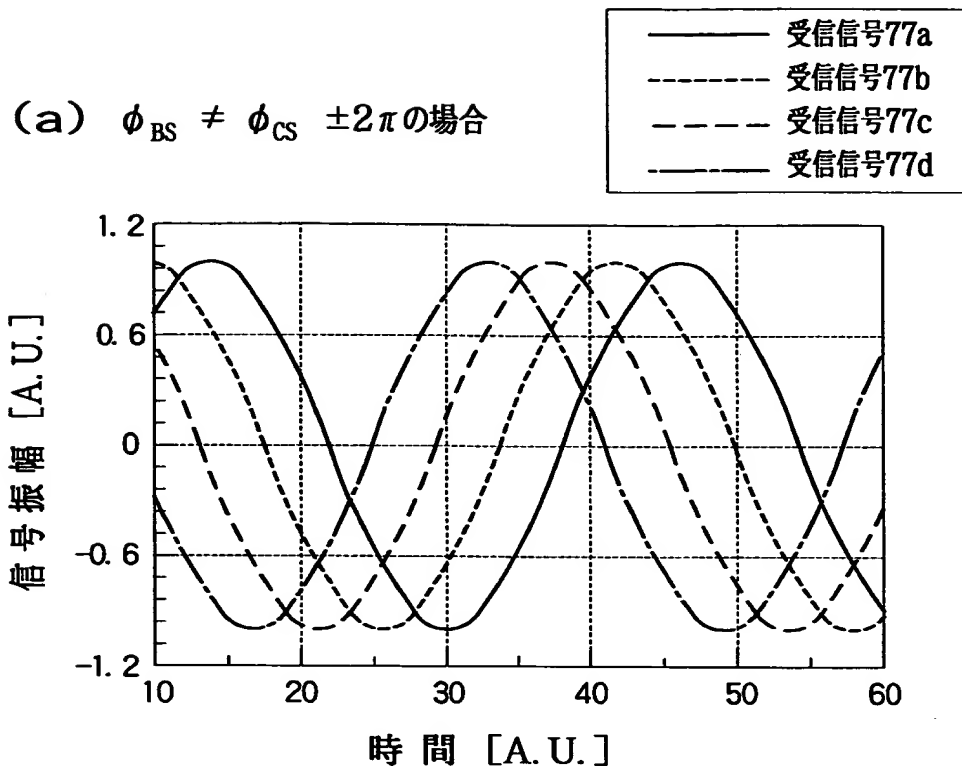
【图 3】



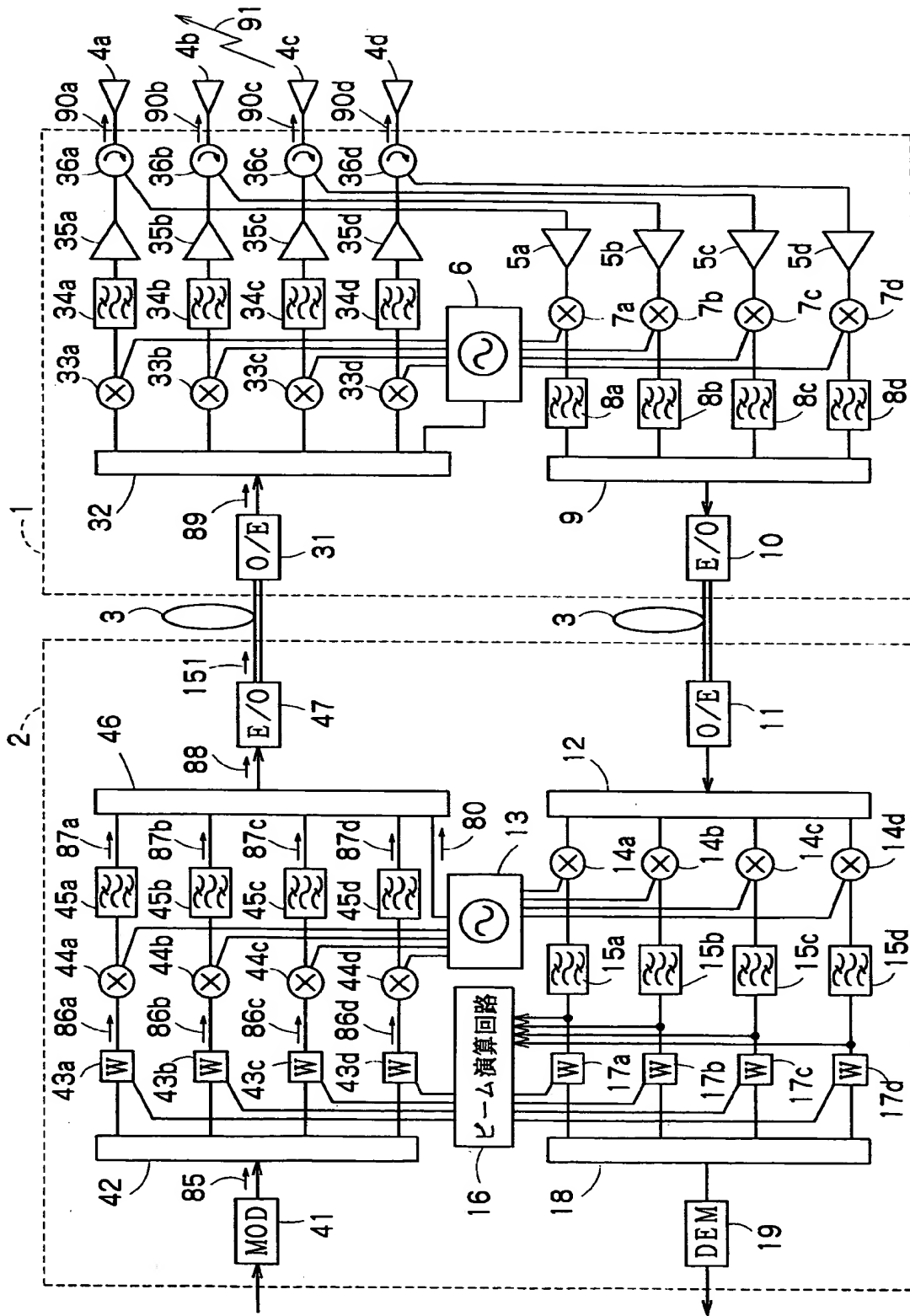
【图 4】



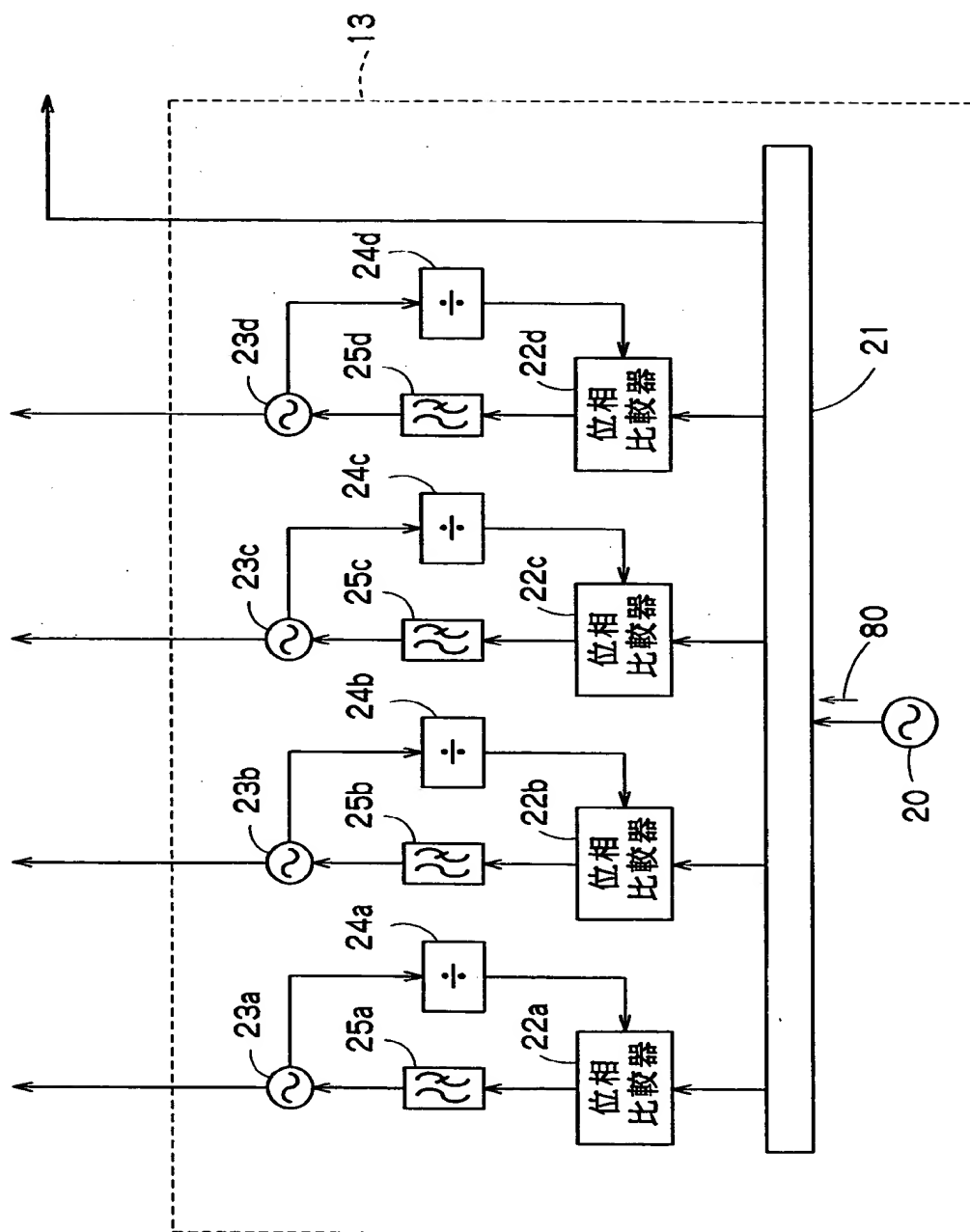
【図 5】



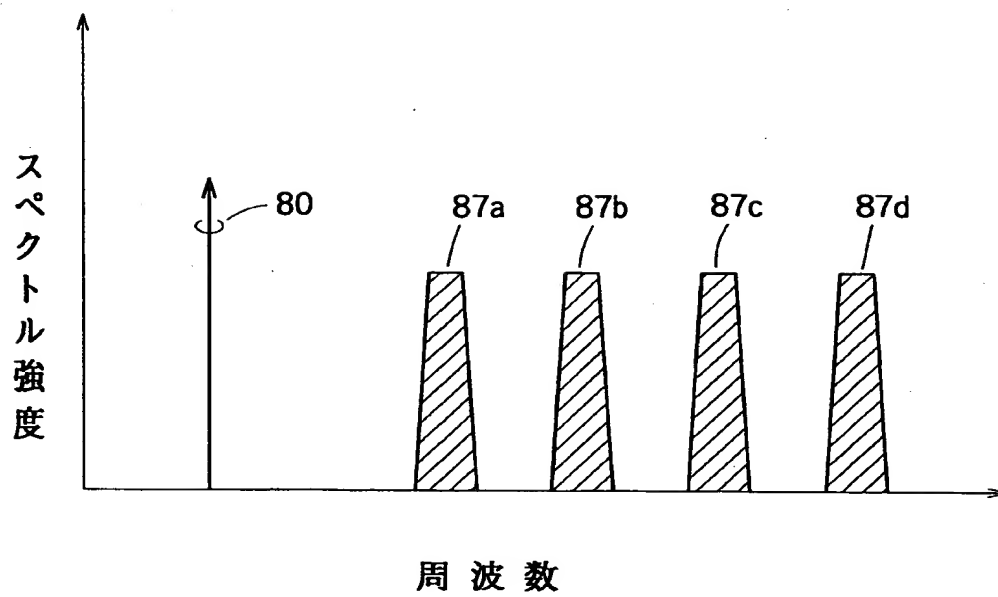
【図 6】



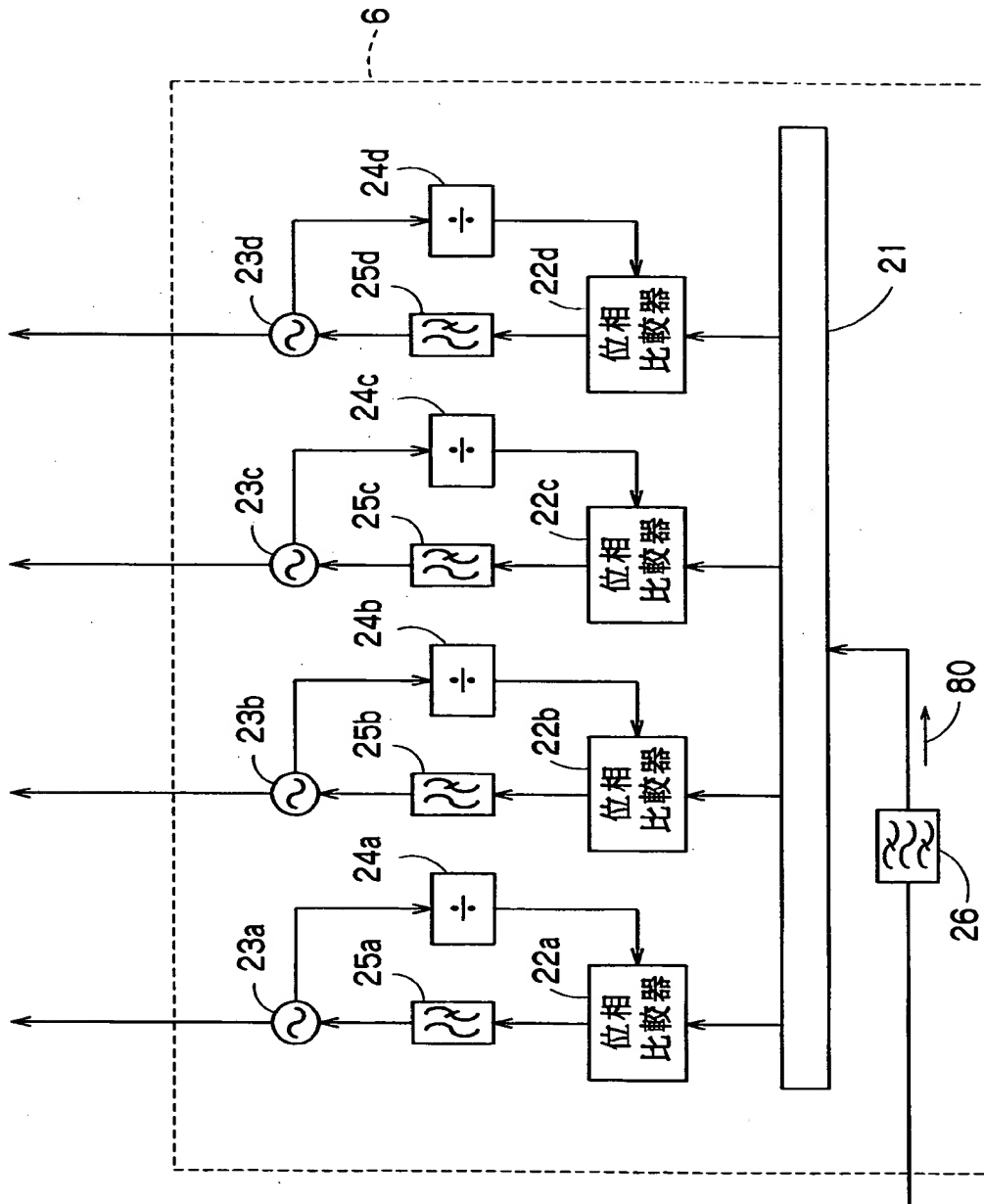
【图 7】



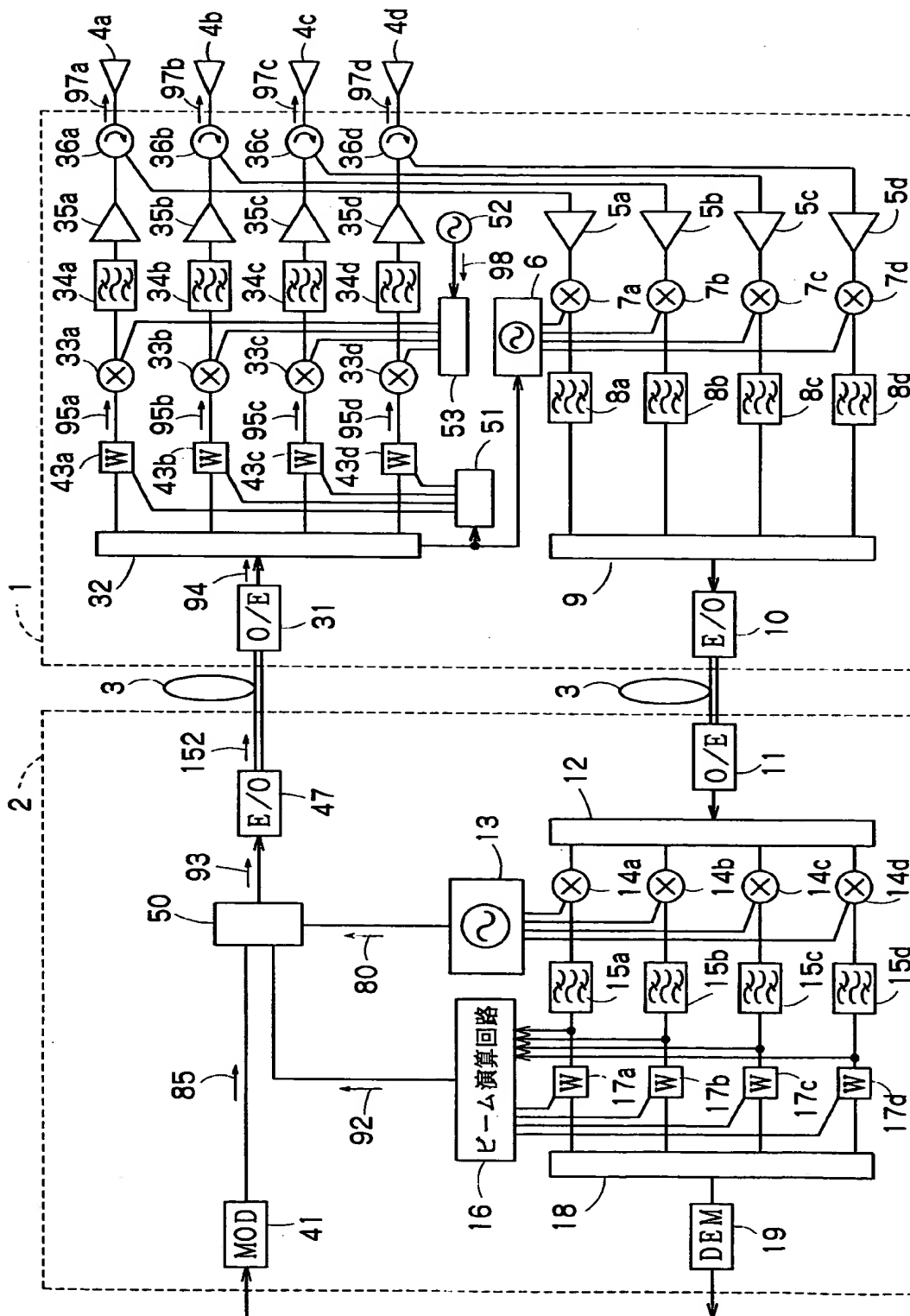
【図 8】



【図 9】

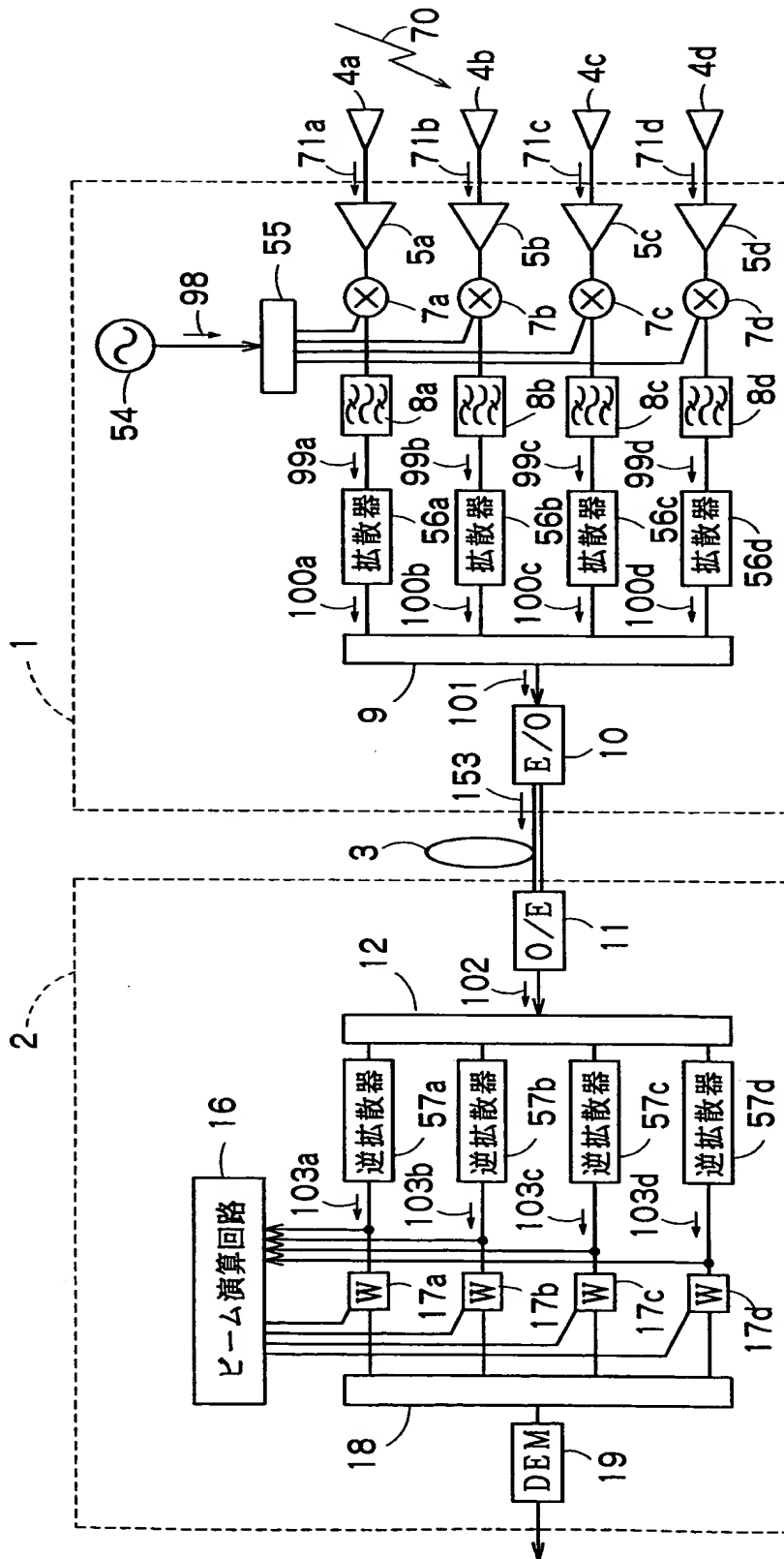


【図 1 0】

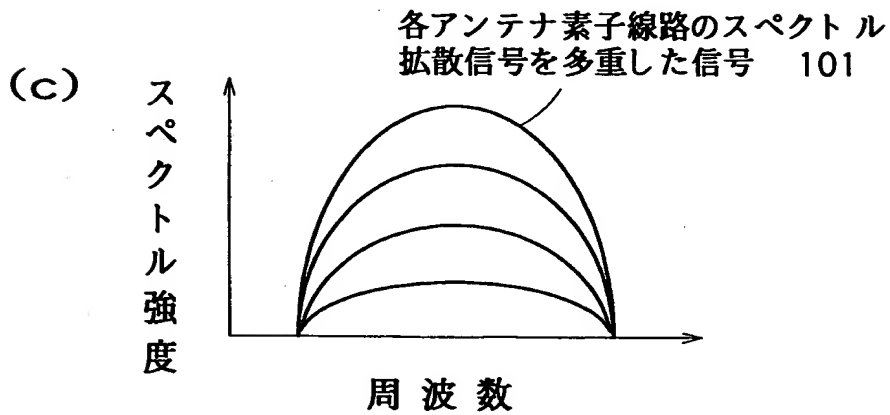
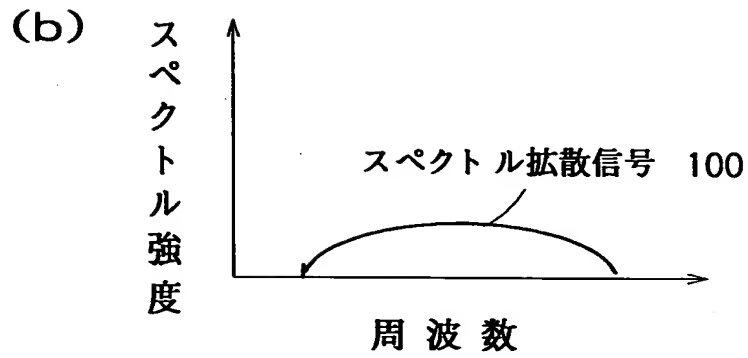
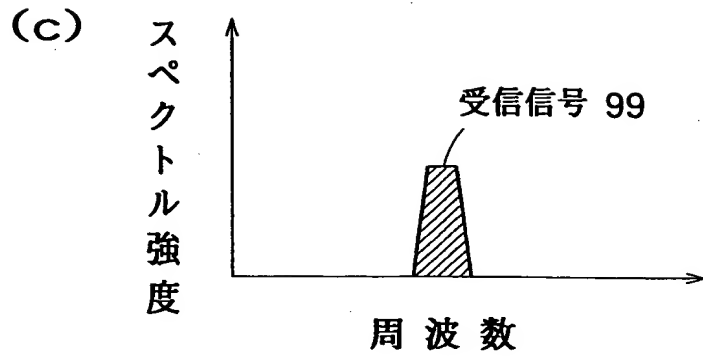


【図 1 1】

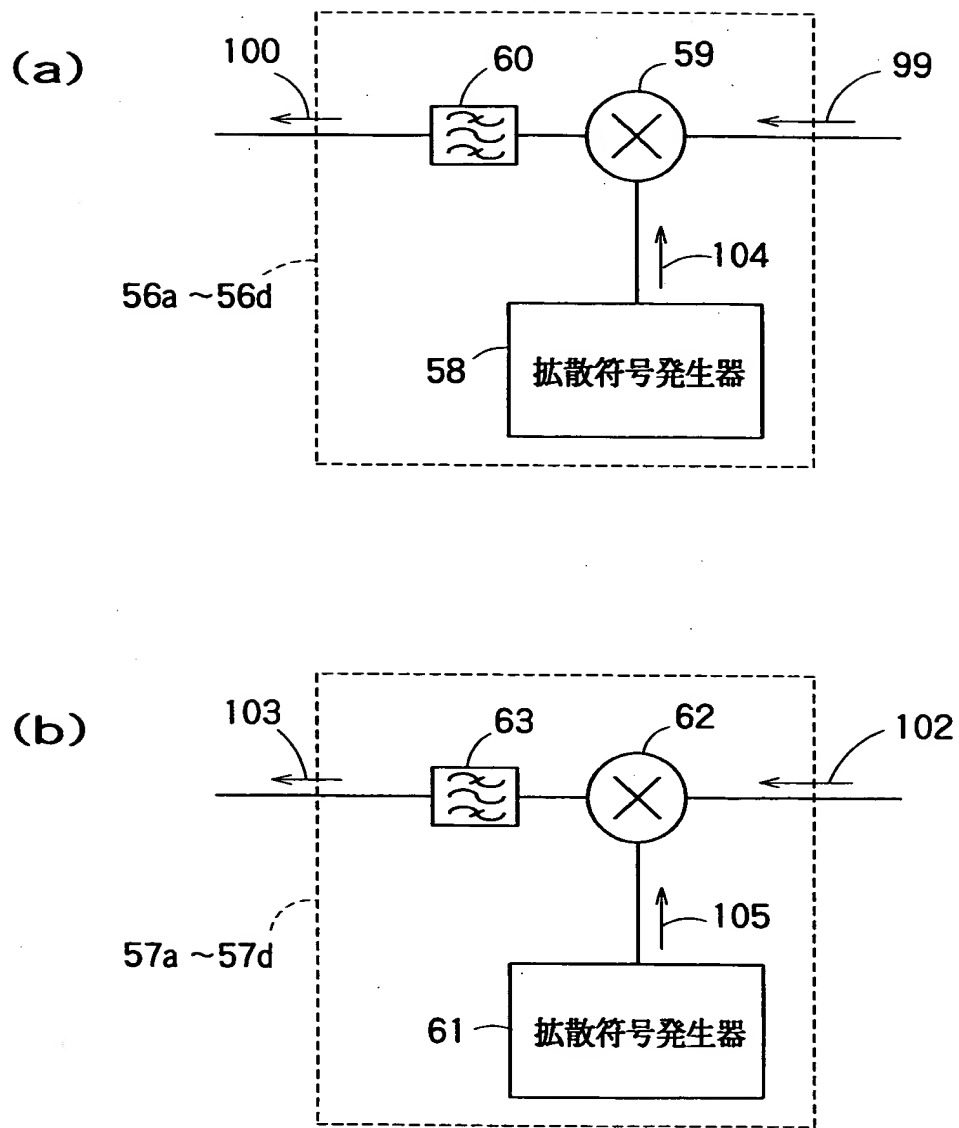




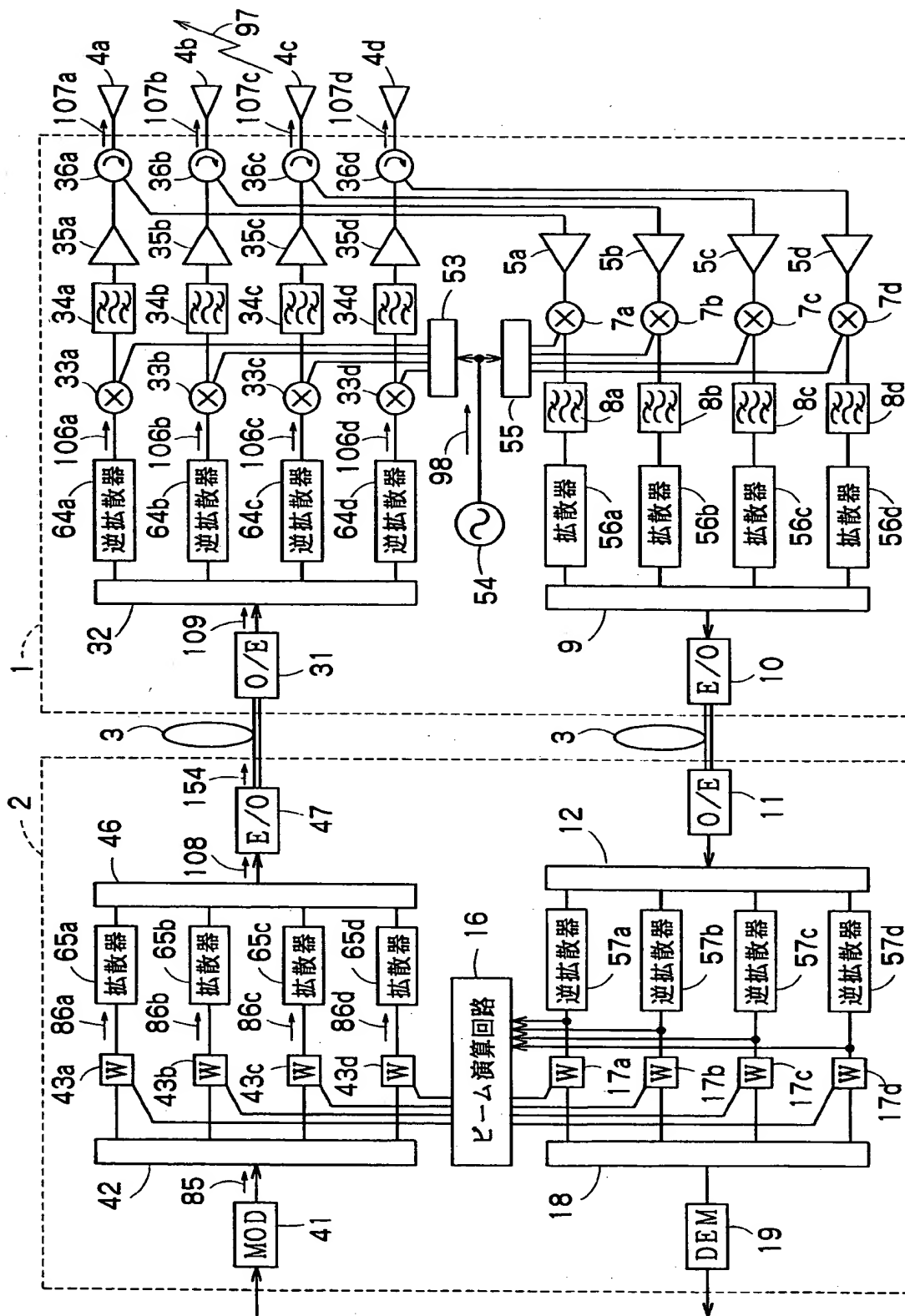
【図 1 2】



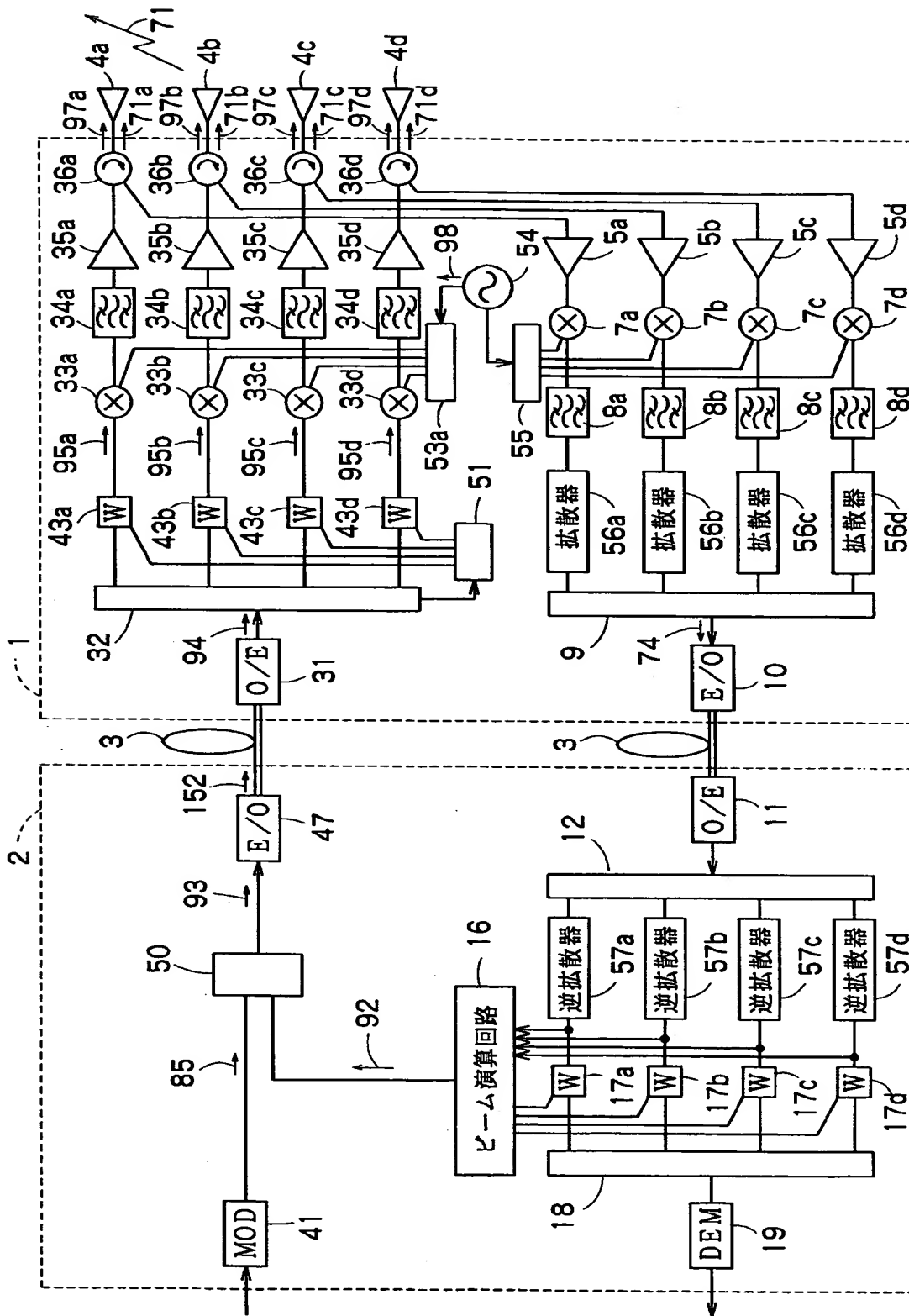
【図 1 3】



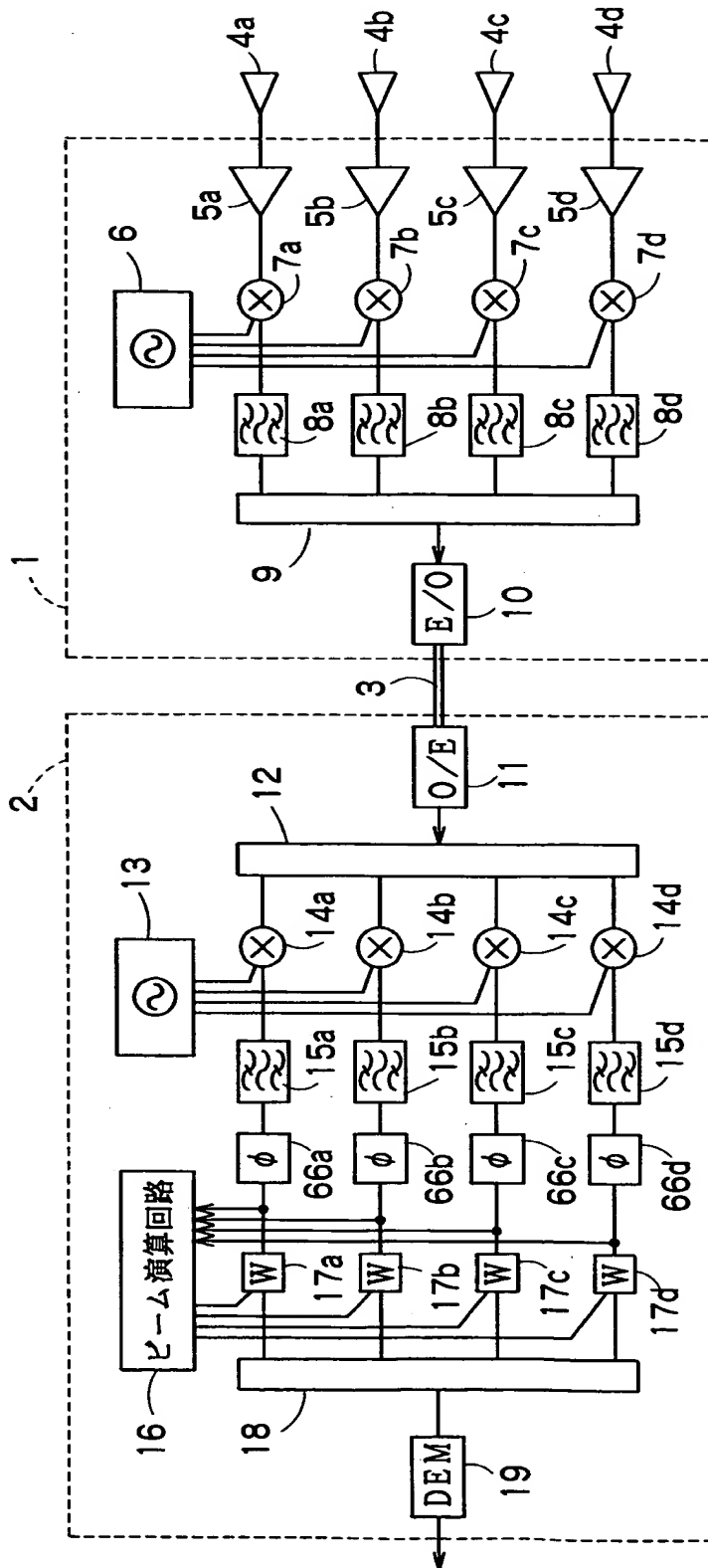
【図 14】



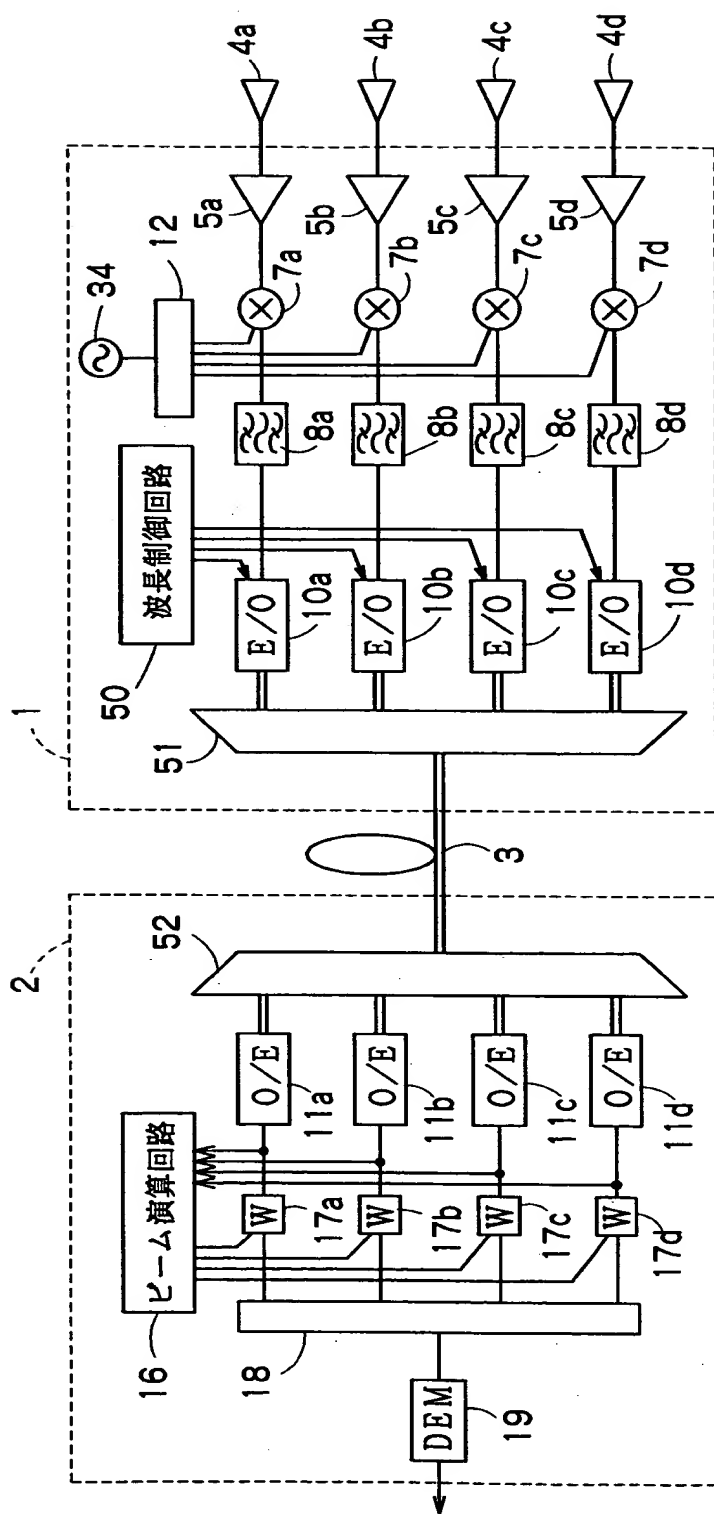
【図 15】



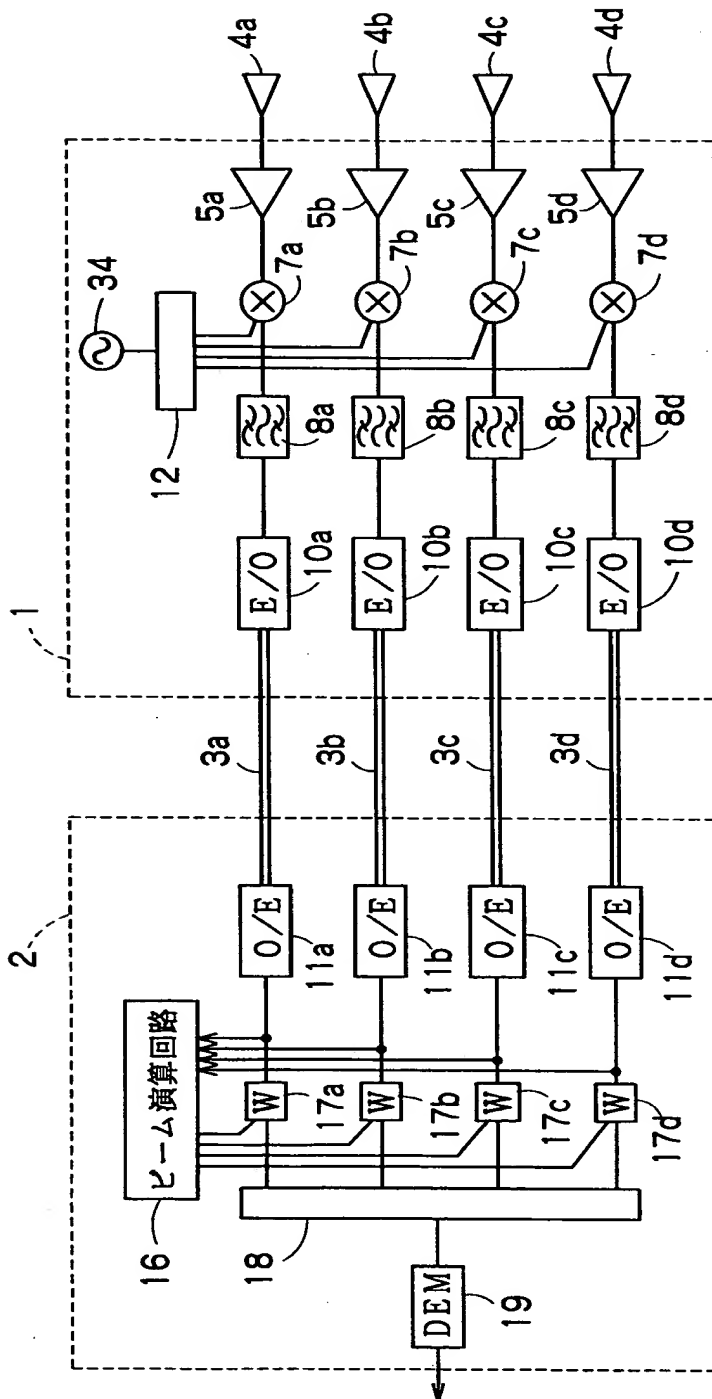
【図 1 6】



【图 17】



【図 1 8】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 基地局あるいは制御局の構成を簡略化することができる無線通信システムを提供する。

【解決手段】 本発明の無線通信システムは、基地局 1 内の複数のアンテナ素子 4 a ~ 4 d で受信した受信信号を周波数変換器 7 a ~ 7 d で異なる周波数ごとにダウンコンバートした後、加算器 9 で合波して副搬送波多重信号を生成する。この信号を電気-光変換して光ファイバを介して制御局 2 に伝送する。基地局 1 内の複数のアンテナ素子からなるアレイアンテナで受信した受信信号を副搬送波多重して制御局 2 に送信するため、光伝送系部分の構成要素を最小限に抑えることができ、基地局 1 の構成を簡略化することができる。また、各受信信号の相対位相差と相対強度を維持したままで、基地局 1 から制御局 2 に受信信号を伝送するため、加入者の位置を制御局側で把握することができ、基地局から送信する無線信号の放射パターンを制御局側で制御することが可能になる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

氏 名 株式会社東芝